MAGYAR
TUDOMÁNYOS AKADÉMIA
MŰSZAKI TUDOMÁNYOK OSZTÁLYÁNAK
KÖZLEMÉNYEI

V. KÖTET 1—2. SZÁM

SZERKESZTI
HEVESI GYULA

A MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA
1951. DECEMBER 9-15-ÉN MEGTARTOTT NAGYGYŰLÉSÉN
A MŰSZAKI TUDOMÁNYOK OSZTÁLYA GEODÉZIAI-GEOFIZIKAI FŐBIZOTTSÁGA
RENDEZÉSÉBEN TARTOTT ELŐADÁSSOROZAT ANYAGA

MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA
BUDAPEST, 1952

VI. OSZT. KÖZL.

MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA

MŰSZAKI TUDOMÁNYOK OSZTÁLYÁNAK

KÖZLEMÉNYEI

SZERKESZTI

HEVESI GYULA

V. KÖTET 1—2 SZÁM

SZERKESZTŐSÉG: BUDAPEST, V., GÉZA-UTCA 2.

KIADÓHIVATAL: BUDAPEST, V., ALKOTMÁNY-UTCA 21.

A Magyar Tudományos Akadémia Műszaki Tudományok Osztályának Közleményei változó terjedelmű füzetekben jelennek meg. Négy füzet alkot egy kötetet. Évenként általában egy kötet jelenik meg.

Kéziratok a következő címre küldendők:

Magyar Tudományos Akadémia
Műszaki Tudományok Osztályának Közleményei
Budapest, V., Géza-u 2

Ugyanerre a címre küldendő minden szerkesztőségi levelezés.

Minden szerzőt ötven különlenyomat illet meg megjelent munkájáért. Közlésre el nem fogadott kéziratokat a szerkesztőség lehetőleg visszajuttat a szerzőhöz, de felelősséget a beküldött kéziratok megőrzéséért, vagy továbbításáért nem vállal.

A Közlemények előfizetési ára kötetenként belföldi címre 20 forint, külföldi címre 30 forint. Belföldi megrendelések az Akadémiai Kiadó (Budapest, V., Alkotmány-u. 21. Magyar Nemzeti Bank egyszámlaszám: 04-878-111-48), külföldi megrendelések a »Kultúra« Könyv és Hírlap Külkereskedelmi Vállalat (Budapest, VIII., Rákóczi-út 5. Magyar Nemzeti Bank egyszámlaszám: 45-790-057-50-032) útján eszközölhetők.

A Magyar Tudományos Akadémia Műszaki Tudományok Osztályának kiadványa az

Acta Technica

című idegennyelvű folyóirat.

E lap hivatott a magyar műszaki tudományok eredményeinek legjavát a külföld felé tolmácsolni. A cikkek orosz, német, angol, vagy francia nyelven jelennek meg lehetőleg a szerző kívánsága szerint, összefoglaló pedig a cikk nyelvén és azonkívül oroszul. Cikkeket magyar vagy a szerző választotta idegen nyelven a következő címre kell beküldeni:

Acta Technica szerkesztősége, Budapest, V.. Géza-utca 2.

A KÉNYSZERKÖZPONTOSÍTÁS EGY SZABATOS MEGOLDÁSA

TÁRCZY-HORNOCH ANTAL akadémikus

I.

Szögméréseknél rövid irányzási hosszak esetében az úgynevezett külpontossági hibák tudvalevőleg a pontos szögmérésnek legnagyobb ellenségei. Ezek pedig akkor keletkeznek, ha sokszögeléseknél a műszercsere alkalmával a teodolit állótengelye nem kerül pontosan a megirányzott pont vízszintes vetületébe (a teodolit külpontossági hibája) vagy visszafelé nem ugyanazt a vízszintesvetületi pontot irányozzuk meg, amelyben a teodolit állott (a megirányzás külpontossági hibája).

Ezeknek a külpontossági hibáknak a káros hatását a szögmérésre szemléltetően mutatja a következő kis vizsgálat. Legyen a megmérendő szög az 1. ábra szerint $ABC\sphericalangle = \beta$, s tételezzük fel ezt közel 180°-nak (amint ez a nyujtott sokszögvonalak esetének valóban meg is felel), akkor ha a teodolittal e külpontossági hibával terhelten B'-ben állunk fel, itt a β' hibás szöget mérjük. Legyen az e külpontossági hiba az egyszerűség kedvéért merőleges $\overline{AB} = d_A$ és $\overline{BC} = d_B$-re. Ebben az esetben az 1. ábra szerint:

$$\varepsilon_A'' = \varrho'' \frac{e}{d_A} \quad \text{és} \quad \varepsilon_B'' = \varrho'' \frac{e}{d_B} \tag{1}$$

továbbá:

$$\beta = \beta' - (\varepsilon_A'' + \varepsilon_B''). \tag{2}$$

Ha e-t 1 mm-nek, a vízszintes vetületi hosszakat jelentő $d_A = d_B$-t 10 m-nek vesszük, akkor a fentiekből:

$$\varepsilon_A'' + \varepsilon_B'' \doteq 41{,}2'',$$

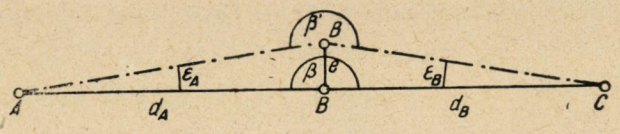
amely érték többszörösen nagyobb, mint a korszerű műszereknél előforduló leolvasási pontatlanság. Igaz, hogy e általában nem lesz merőleges a β szög két szárára: ezzel szemben azonban A-ban és C-ben még a megirányzás külpontossági hibáját is tekintetbe kell vennünk. Ha e-t, mint középhibát tetszőleges irányúnak tételezzük fel, akkor a teodolit keletkező külpontossági hibája

mint $\mu_{\beta,t}$ középhiba — igaz — a fentinek $\sqrt{2}$-edére csökken (v. ö. [1, 43. old.]),

azaz
$$\mu_{\beta,t} = \pm 2\varrho'' \frac{e}{d} \frac{1}{\sqrt{2}}. \tag{3}$$

Ehhez járul azonban a 2. ábra szerint a megirányzott pontok $\mu_{\beta,p}$ külpontossági hibája :

$$\mu_{\beta,p} = \pm \varrho'' \frac{e}{d} \cdot \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{2}} = \pm \varrho'' \frac{e}{d}. \tag{4}$$



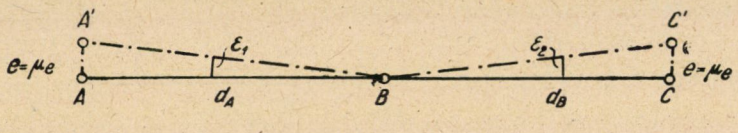
1. ábra

A kettő összetevődéséből kapjuk β teljes külpontossági középhibáját, μ_β-t :

$$\mu_\beta = \pm \varrho'' \frac{e}{d} \sqrt{2+1} = \pm \sqrt{3}\ \varrho'' \frac{e}{d} \doteq \pm 17\ \varrho'' \frac{e}{d} \tag{5}$$

és ez $e = \mu_e = 1$ mm, $d = 10$ m mellett még így is $\pm 35''$-et ad.

A földalatti mérések korlátozott helyviszonyai mellett azonban adott esetekben a sokszögoldalaknak 10 m-nél jóval kisebb vízszintes vetületével kell számolnunk, s ez pl. a budapesti földalatti vasútnál néha 2 m-nél is kisebbnek

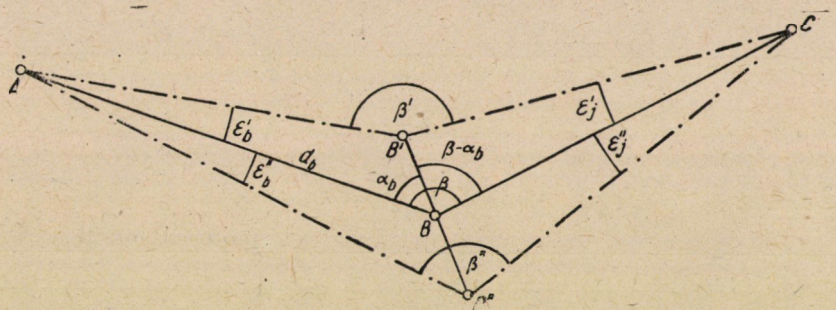


2. ábra

adódik. Ilyen esetekben tehát ez a külpontossági szögközéphiba a $200''$-et is megközelíti. Ez pedig *egymagában* 1 km távolságra 1 m-es elcsavarodási középhibát okoz, amelynek a háromszorosával, mint maximális hibával még számolnunk kell. Ebből pedig nyilvánvaló, hogy földalatti méréseknél — de sűrűn beépített városok mérésénél is — nem elegendő az egy másodperc nagyságrendű leolvasási és megirányzási hibával rendelkező teodolit, hanem még oly szerkezeti megoldásokról is kell gondoskodnunk, amelyek a külpontossági hibák hatását ugyanerre a nagyságrendre csökkentik. Ez pedig azt jelenti, hogy a szóbanforgó esetekben a teodolit állótengelyének és a megirányzott pontnak vízszintes-vetületi egybeesését 0,1 mm-nél jóval nagyobb pontossággal kell biztosítanunk. Ezen a követelményen mitsem változtat az, hogy bár a külpontossági hibák

ugyanazon szög mérését változatlan műszer- és pontállás mellett a többszörös mérésnél mindig ugyanazon értelemben, tehát *szabályosan* befolyásolják, a *különböző* szögeknél más és más hatásúak lévén, hibahalmozódásukat magában a sokszögvonalban *véletlen* jellegűnek vehetjük. Ezért a sokszögvonalak elcsavarodási hibájának, illetve a sokszögvonalak végpontja középhibájának a kiszámításánál az egyes szögek középhibáit a külpontossági hibahatások ellenére is szabályos rész nélkülinek tekinthetjük.

A különböző kényszerközpontosításokról, s fejlődési irányaikról a Mérnöki Továbbképző Intézetben 1943-ban tartott s nyomtatásban is megjelent előadásomban [2] kellő részletességgel már beszámoltam. Ugyanott kitértem arra is, miért lehet a külpontossági hibák hatását a vízszintesvetületi szögmérésre azáltal kiküszöbölni, hogy a külpontossági hibákat egy második mérésnél az



3. ábra

elsőhöz viszonyítva szimmetrikus helyzetbe hozzuk. Ha ugyanis régebbi közlésem továbbfejlesztéseként a 3. ábra szerint az $ABC\sphericalangle$ mérésénél a helyes B helyett B'-ből mérjük a törésszöget, akkor a helyes β helyett kapott β'-ből:

$$\beta = \beta' - \varepsilon'_b - \varepsilon'_j. \tag{6}$$

Ebben az esetben feltételeztük, hogy B' a B-hez viszonyítva a rajz szerint e külpontossági hibával terhelt, és az $\overline{AB}$ oldallal az α_b hegyes szöget, s a $\overline{BC}$ oldallal a $\beta - \alpha_b$ szöget zárja be. Ha most B-hez viszonyítva e-t abszolút értékének megtartása mellett 180°-kal ellentétes irányba, a B'' szimmetrikus helyzetbe hozzuk, akkor a helyes β szöget

$$\beta = \beta'' + \varepsilon''_b + \varepsilon''_j \tag{7}$$

szolgáltatja. Ebből

$$\beta = \frac{\beta' + \beta''}{2} + \frac{\varepsilon''_b - \varepsilon'_b}{2} + \frac{\varepsilon''_j - \varepsilon'_j}{2}. \tag{8}$$

Azaz az e külpontossági hiba hatását a szimmetrikus helyzetbe való hozatal útján akkor tekinthetjük kiküszöböltnek, ha

$$\Delta_\beta = \frac{\varepsilon_b'' - \varepsilon_b'}{2} + \frac{\varepsilon_j'' - \varepsilon_j'}{2} = 0. \tag{9}$$

A 3. ábra szerint

$$\left.\begin{aligned} \operatorname{tg}\ \varepsilon_b' &= \frac{e \sin \alpha_b}{d_b - e \cos \alpha_b} \qquad \operatorname{tg}\ \varepsilon_b'' = \frac{e \sin \alpha_b}{d_b - e \cos (\alpha_b + 180°)} = \frac{e \sin \alpha_b}{d_b + e \cos \alpha_b} \\ \operatorname{tg}\ \varepsilon_j' &= \frac{e \sin (\beta - \alpha_b)}{d_j - e \cos (\beta - \alpha_b)} \quad \operatorname{tg}\ \varepsilon_j'' = \frac{e \sin \alpha_j}{d_j + e \cos (\beta - \alpha_b + 180°)} = \frac{e \sin (\beta - \alpha_b)}{d_j + e \cos (\beta - \alpha_b)} \end{aligned}\right\} \tag{10}$$

Minthogy a (10) egyenletekből:

$$\left.\begin{aligned} \varepsilon_b' &= \operatorname{arctg}\ \varepsilon_b' = \frac{e \sin \alpha_b}{d_b - e \cos \alpha_b} - \frac{1}{3}\left(\frac{e \sin \alpha_b}{d_b - e \cos \alpha_b}\right)^3 + \dots \\ \varepsilon_b'' &= \operatorname{arctg}\ \varepsilon_b'' = \frac{e \sin \alpha_b}{d_b + e \cos \alpha_b} - \frac{1}{3}\left(\frac{e \sin \alpha_b}{d_b + e \cos \alpha_b}\right)^3 + \dots \\ \varepsilon_j' &= \operatorname{arctg}\ \varepsilon_j' = \frac{e \sin (\beta - \alpha_b)}{d_j - e \cos (\beta - \alpha_b)} - \frac{1}{3}\left(\frac{e \sin (\beta - \alpha_b)}{d_j - e \cos (\beta - \alpha_b)}\right)^3 + \dots \\ \varepsilon_j'' &= \operatorname{arctg}\ \varepsilon_j'' = \frac{e \sin (\beta - \alpha_b)}{d_j + e \cos (\beta - \alpha_b)} - \frac{1}{3}\left(\frac{e \sin (\beta - \alpha_b)}{d_j + e \cos (\beta - \alpha_b)}\right)^3 + \dots \end{aligned}\right\} \tag{11}$$

azért a (9) egyenletből adódó Δ_β maradéktag lesz:

$$\Delta_\beta = \frac{e \sin \alpha_b}{2(d_b - e \cos \alpha_b)} - \frac{e \sin \alpha_b}{2(d_b + e \cos \alpha_b)} + \frac{e \sin (\beta - \alpha_b))}{2(d_j - e \cos (\beta - \alpha_b))} -$$

$$- \frac{e \sin (\beta - \alpha_b)}{2(d_j + e \cos (\beta - \alpha_b))} = \frac{e^2 \sin 2\alpha_b}{2(d_b^2 - e^2 \cos^2 \alpha_b)} + \frac{e^2 \sin 2(\beta - \alpha_b)}{2(d_j^2 - e^2 \cos^2 (\beta - \alpha_b))} \dots =$$

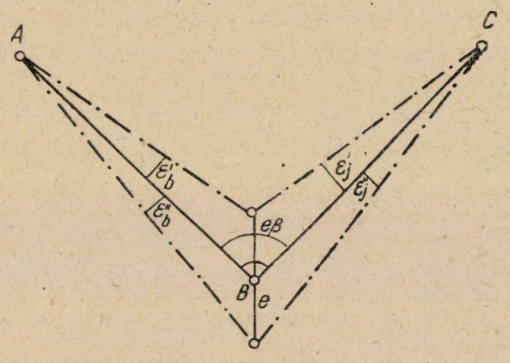
$$= \Delta_b - \Delta_j \tag{12}$$

A (12) egyenletben a harmadrendű tagokat már elhagytuk, mivel igen nagy $e = 1$ mm és igen kis $d = 1$ m $= 1000$ mm mellett is tagonként csak $\sim \frac{1}{3}\left(\frac{1}{1000}\right)^3$ értéket ad, s így különbségeik még ennél is kisebbrendűek. Nézzük most a (12) egyenletben megmaradó tagokat hasonlóan igen kedvezőtlen körülmények között. Ezt akkor érjük el, ha a (12) egyenlet mindkét tagja pozitív — ha a számlálók a legnagyobbak, s a nevezők a legkisebbek. Ha e-t ismét igen nagynak, 1 mm-nek, d_b-t és d_j-t igen kicsinek, 1 m-nek vesszük, akkor a (12) egyenlet legnagyobb értékét $2\alpha_b = 90°$ és $2(\beta - \alpha_b) = 90°$ (4. ábra), azaz $\alpha_b = 45°$ és

$\beta = 90°$ mellett éri el és ebben a legkedvezőtlenebb esetben a (12) egyenletből:

$$\Delta_\beta = \varrho \left(\frac{1}{2\,(1\,000\,000 - 0{,}5)} + \frac{1}{2\,(1\,000\,000 + 0{,}5)} \right) = 0{,}206''$$

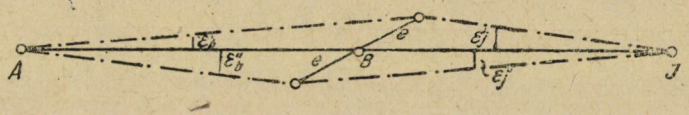
Ha $\beta - \alpha_b > 45°$, a (12) egyenlet két tagja már kisebbíti egymást, s $\beta = 180°$-nál



4. ábra

d_b és d_j egyenlősége esetén bármilyen α_b mellett Δ_β nulla értéket vesz fel (5. ábra). Nyujtott sokszögvonalak esetében általában ez a helyzet.

Megállapíthatjuk tehát, hogy a külpontossági hibának szimmetrikus helyzetbe hozása esetében ennek a hibának hatása a megmért szögre a legkedvezőtlenebb esetben is csak kéttized másodperc nagyságrendet ér el, s ezért a külpontossági hiba



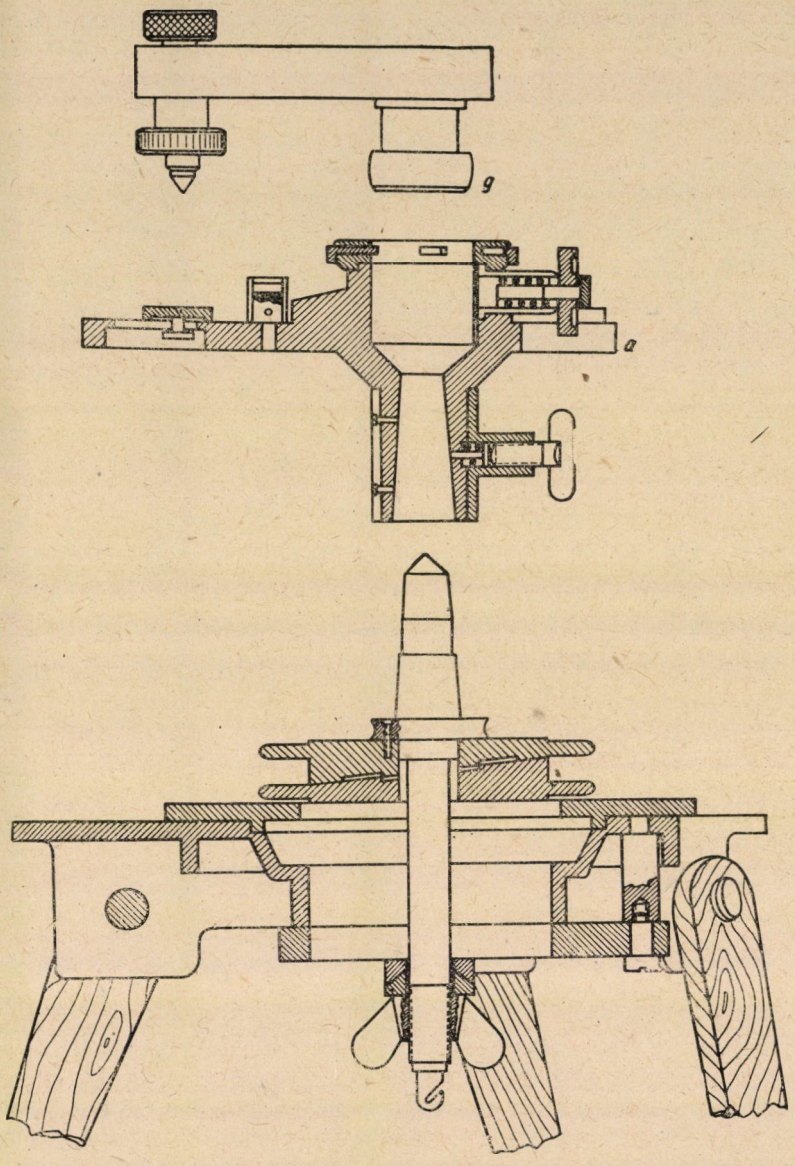
5. ábra

hatását szimmetrikus helyzetbe hozatal útján az alsógeodézia és bányaméréstan legszigorúbb követelményei mellett is szabatosan kiküszöböltnek mondhatjuk. A külpontossági hiba hatása ugyanakkor az egy helyzetben mért szögre igen jelentős, pl. $e = 1$ mm és $d = 1$ m mellett 2 percnél is nagyobb lehet.

Hasonló összefüggések érvényesek, ha az A és C megirányzott pontoknak van külpontossági hibájuk és ezek kerülnek egy másik mérésnél szimmetrikus helyzetbe. Végül ugyanez áll rokon gondolatmenet alapján, ha egyszerre van mind a műszernek, mind a megirányzott pontoknak külpontossági hibájuk és egy második mérésnél valamennyit az előbbihez szimmetrikus helyzetbe hozzuk.

A külpontossági hibák hatásának két szimmetrikus helyzetben való mérés útján való kiküszöbölésére mind átfektetés [3., 48. old.]; mind forgatás útján

[4., 278. old. 139. lábj.] *Wilski*, előbb *freibergi*, később *aacheni* tanár mutatott rá először. *Wilski* legtökéletesebb, ú. n. *forgócsapos kényszerközpontosítása*



6. ábra

1926-ból való és 6. ábránkon látható. Ennél a szimmetrikus helyzetet egy, a teodolitállvány tányérján két alátét-éklappal függőlegesre állítható, s központosítás céljából eltolható kúpos csap teszi lehetővé, amely körül a g freibergi

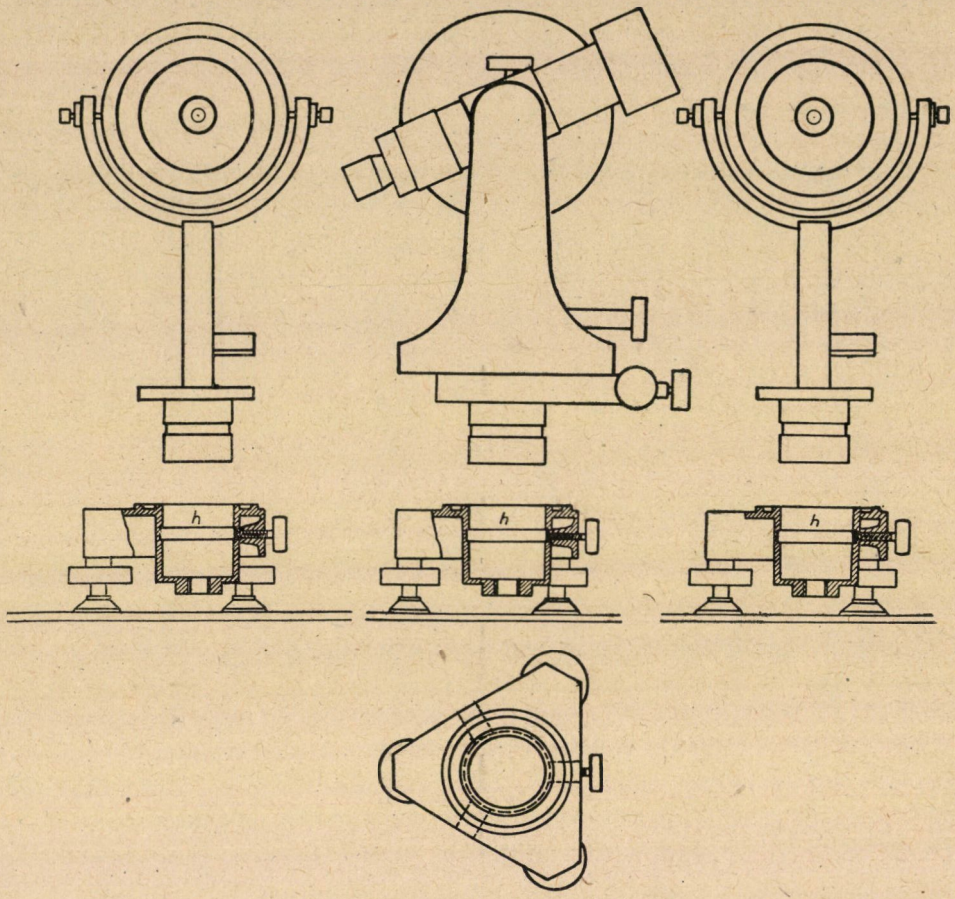
gömbbel ellátott teodolit *a* aljazata elforgatható. Ha ez az elforgatás 180°-ka történik, akkor a függőleges csap tengelyéhez viszonyítva a teodolit állótengelye szimmetrikus helyzetbe kerül. A külpontossági hibák kiküszöböléséhez ezek szerint három berendezés szükséges, mert nemcsak a teodolitot, hanem a két megirányzott pontot szolgáltató jelzőtáblákat is két szimmetrikus helyzetben kell a méréshez felhasználni. Az elvi megoldás helyes, a szerkezeti megoldás azonban nehézkes. Már a teodolit egész emeletszerű elhelyezése sem megnyugtató. Hátrányos az is, hogy külön kell a csapoknak, s utána külön a jelzőtábláknak és a teodolitnak a tengelyét függőlegesítenünk. A freibergi gömbbel való kényszerközpontosítás sem kell ide, mert itt a kényszerközpontosítás biztosítéka nem a freibergi gömb, hanem a csap függőleges tengelye, s a gömb itt csak arra szolgál, hogy a teodolit és a jelzőtáblák viszonylagos helyzetüket az aljazaton forgás alatt ne változtassák. Elvileg, ha bárhogyan, pl. három lábcsatorna útján gondoskodunk arról, hogy a teodolit és jelzőtábla forgás előtt és forgás után az aljazaton el ne csússzék, a forgócsapos kényszerközpontosítás függőleges csaptengely és szabatos kivitel mellett helyes eredményt ad. A szabatos kivitelt azonban nehezíti, hogy a pontosan becsiszolt csap az aljazat levételénél és utána könnyen megsérülhet. Az itt említett és egyéb hátrányai miatt a forgócsapos kényszerközpontosítás nem tudott elterjedni.

II.

A kényszerközpontosításnak legelterjedtebb formája napjainkban tudvalevőleg a *hüvelyes kényszerközpontosítás* (7. ábra). Ezt használják a Szovjetunióban [6; 86. és 173—176. old.], Németországban (Zeiss, Breithaupt) és az angolnyelvű országokban (Watts & Son, London, Berger & Sons, Boston stb.) egyaránt, ezt gyártotta nálunk is a MOM s ez van a nálunk is elterjedt szovjet TT 50 tahiméterteodoliton is. A külpontossági hibák szimmetrikus helyzetét ezeknél forgatás útján műszertechnikailag — ellentétben a forgócsapos kényszerközpontosítással — azért könnyű elérni, mert amúgy is megvan a forgatáshoz szükséges csap és hüvely. Sőt a kényszerközpontosítás igen előnyösen a talpcsavarok fölött van, úgy, hogy a csap függőlegesítéséhez itt külön eszközökre szükség nincsen. Érdekes módon a hüvelyes kényszerközpontosítás külpontossági hibáinak ilyen kiküszöbölése elkerülte a kutatók figyelmét, mert erre a lehetőségre 1929-ben a Sopronban járt dr. *Breithaupt* figyelmét külön fel kellett hívnunk, s ezt ő későbbi katalógusaiba azután be is vette. Hozzá kell tennünk azonban, hogy a forgatás a hüvelyben elég nehézkes, s ezen a pontos becsiszolás sem segít, mert mérés közben a szétszedett becsiszolt részek könnyen deformálódnak.

A fenti hátrányokon úgy tudunk segíteni, hogy a pontosan összecsiszolt részeket nem szedjük széjjel, azaz a központosításra szolgáló hüvelyt magát forgatjuk a csappal együtt a műszertalpban, s így a hüvely a benne levő, de

benne nem forgó csappal csupán azt biztosítja, hogy a teodolit és a jelzőtábla a hüvelyben magában és a hüvelyhez viszonyítva helyzetét mérés alatt ne változtassa meg. Ezért a csapot a hüvelybe be sem kell csiszolni, hanem akár

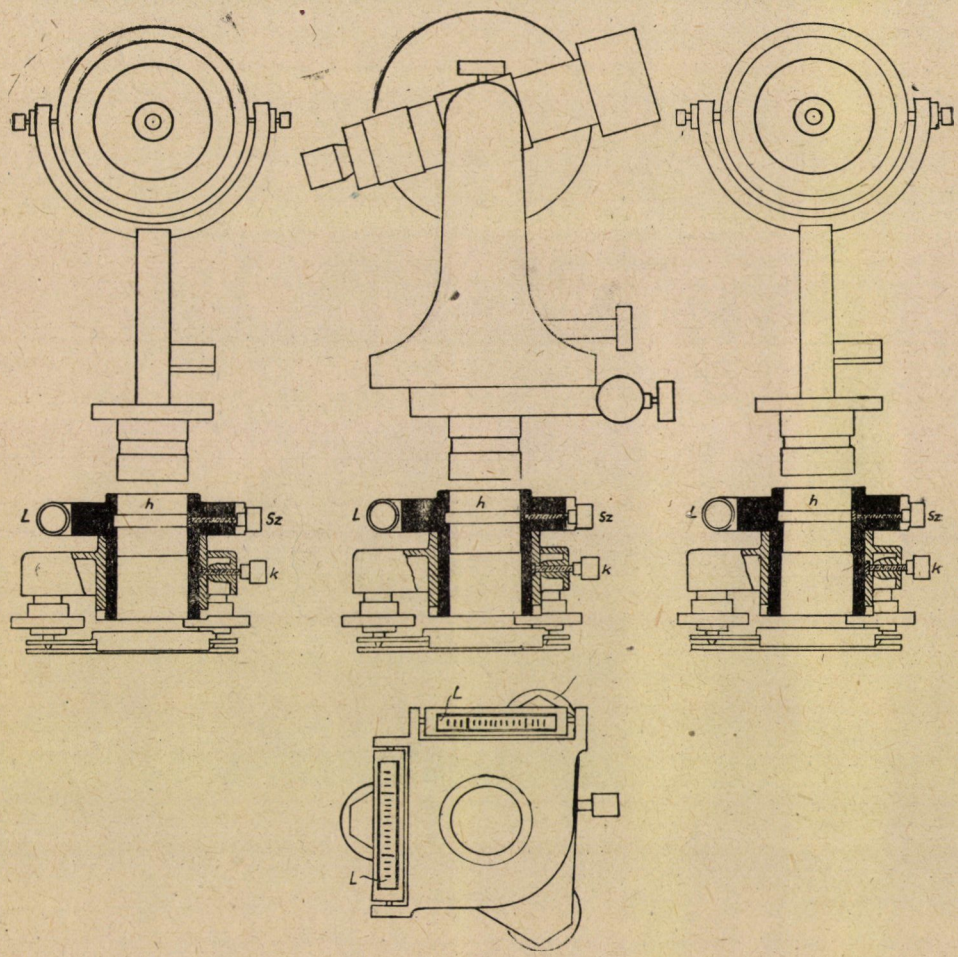


7. ábra

néhány tizedmilliméteres játéka is lehet. Ez utóbbi esetben persze behelyezés után a csapot a hüvelyhez viszonyítva szorítócsavarral rögzítjük, hogy a forgás előtti és forgás utáni változatlan relatív helyzetet ezáltal biztosítsuk. Így keletkezett a forgóhüvelyes kényszerközpontosítás, melynek gyártási jogát 1937-ben a jenai *Zeiss* cég szerezte meg.

A forgóhüvelyes kényszerközpontosító berendezés szerkezeti rajza a 8. ábrán, elkészült kísérleti példányai pedig a 9—11. ábrán láthatók. A becsiszolt és mérés alatt szét nem vett felületeket a fekete és vonalkázott részek érintkezése adja. Ennek a tengelye a külpontossági hiba kiküszöbölésére szolgáló forgástengely, amely a két *L* libella segítségével függőlegesre állítható. A teodolit

és jelzőtáblák csapjának felvételére a *h* hüvely szolgál. Ennek a tengelye itt már elveszítette a kényszerközpontosítás biztosításából fakadó eredeti jelentőséget. Az *Sz* szorítócsavar a csap egyértelmű helyzetei és a teodolit állótengelyének

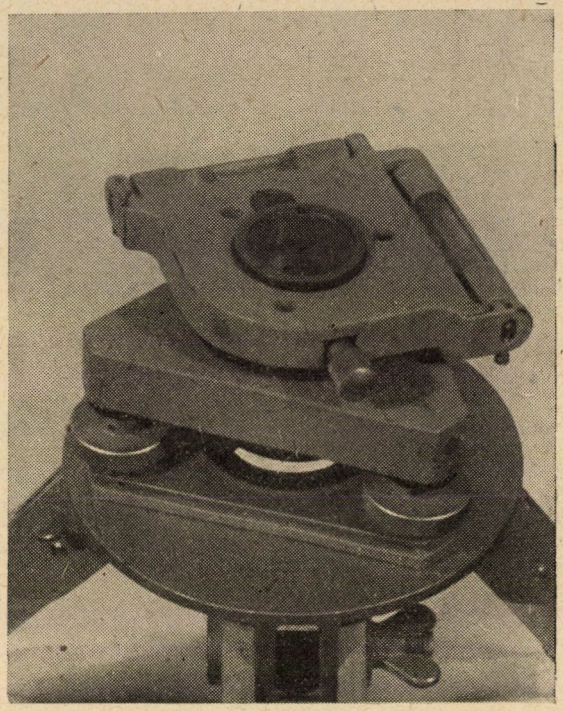


8. ábra

a forgóhüvely tengelyével való megfelelő párhuzamosságát van hivatva biztosítani a hüvelyben, míg *k* a forgóhüvely kötőcsavara.

A forgóhüvelyes kényszerközpontosító berendezésekkel végzett kiterjedt kísérleti mérési eredményeinkről [2 ; 29—24. old.] és [5 ; 78—80. old.]-ban már beszámoltunk, s itt csupán azt említjük meg, hogy a külpontossági hibák *e* értéke ezekből a vizsgálatokból 1/75 mm-nek adódott, s ez az eredmény az addigi kényszerközpontosítások 0,1—0,4 mm-es külpontossági hibáihoz viszonyítva jelentős és ugrásszerű pontosságfokozást jelentett.

Bár a külpontossági hibák kiküszöbölésének az előbb említett mértéke az alsó-geodézia és bányamérés legszigorúbb pontossági követelményeinek is megfelel, bennünket még forgóhüvelyes kényszerközpontosítási megoldásunk sem elégített ki, s a hüvelyes kényszerközpontosítás külpontossági hibáinak kiküszöbölésére a szerkezeti megoldás messzemenő egyszerűsítésével a szögszorzó teodo-

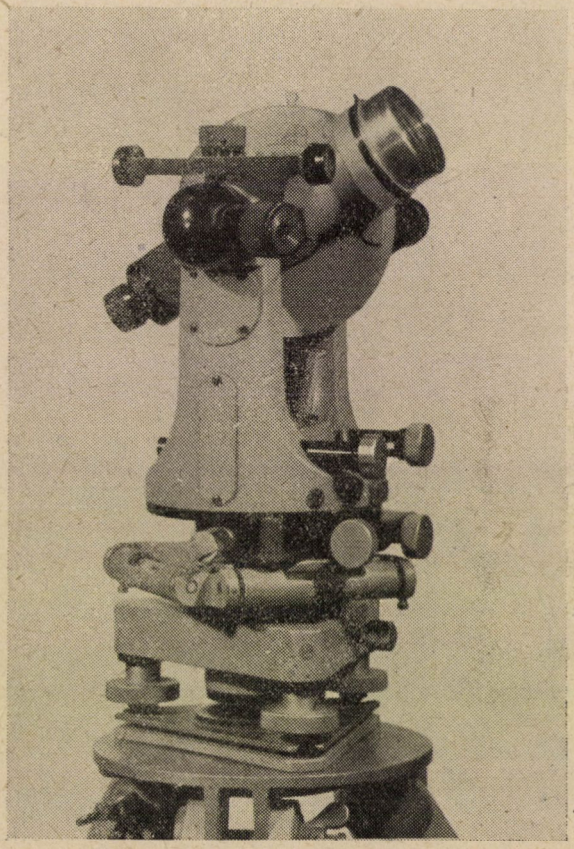


9. ábra

litok limbustengelyét hoztuk javaslatba. Ez vezetett az ú. n. *szögszorzó műszertalp*hoz és a szögszorzó műszertalppal való kényszerközpontosításhoz, amiről az alábbiakban valamivel bővebben kívánunk szólni.

Vegyük jobban szemügyre 8. ábránkat. Függőleges tengelye van a forgóhüvelynek, az alhidádénak — és ha a teodolit szorzórendszerű — még külön szögszorzó tengelye a limbusnak is. Ez három tengelyrendszert jelent, ami egyszerűsíthető akkor, ha a limbustengelyt választjuk egyszersmind a forgóhüvely tengelyéül. Hogyan érhetjük el ezt gyakorlatilag? Azáltal, hogy a teodolitnak az előbbiekben említett csapja nem a szögszorzó és alhidádétengelyen kívülre, hanem a kettő közé kerül. Ezt pedig szerkezetileg úgy biztosítjuk, hogy a forgóhüvelyes műszertalpat a kötőcsavaron kívül még külön irányító parány-csavarral is ellátjuk. A forgóhüvelybe tehát csupán az alhidádétengelyes rész

kerül, amely azonban a parányscsavaros forgóhüvelybe való helyezés által szögszorzó rendszerűvé válik, míg az eredeti hüvelyes talpába visszahelyezve ismét egyszerű teodolit lesz belőle. Ezért megokolt a parányscsavaros forgóhüvelyes műszertalpat *szögszorzó műszertalpnak* nevezni. A szögszorzó műszer-

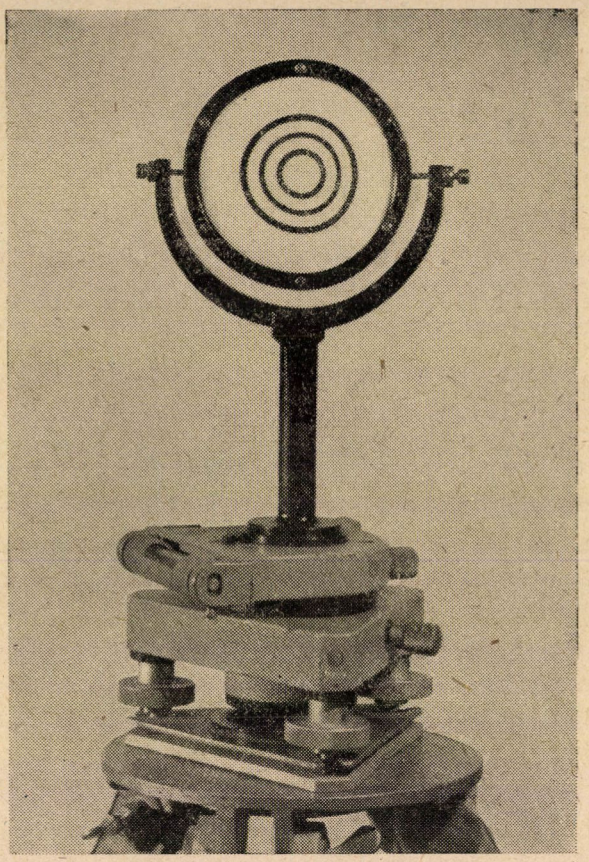


10. ábra

talp tehát szabatos kényszerközpontosítás mellett még azt is lehetővé teszi, hogy az egyszerű, vagy ismétlő rendszerű teodolitot másodpercek alatt szögszorzó rendszerűvé lehessen alakítani és viszont.

A szögszorzó műszertalpnak az az előnye, hogy a forgóhüvely tengelye körül mind a teodolit, mind a jelzőtáblák középpontja szimmetrikus helyzetbe hozható, a külpontossági hibák kiküszöbölése tekintetében nyilvánvaló. De van-e előnye annak, hogy az egyszerű, vagy ismétlő rendszerű teodolitot könnyen és gyorsan szögszorzóvá tudjuk átalakítani és viszont, amikor a szögszorzó

teodolitot a geodéziában újabban mellőzik? *A földalatti mérések tekintetében a szögszorzó műszerek még korunk igen pontos optikai mikrométeres leolvasása mellett is megtartják jelentőségüket, mert a szögszorzásra a föld alatt nem a leolvasási pontosság fokozása céljából, hanem azért van szükség, hogy a korlátozott helyviszo-*



11. ábra

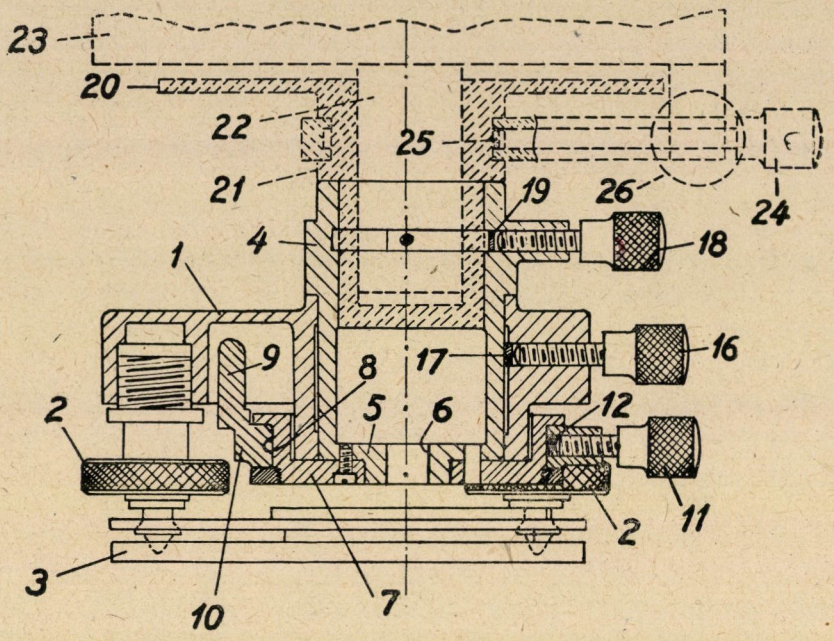
nyok mellett a leolvasásban akadályozott leolvasó berendezést a szögszorzó tengely körül a leolvasásra alkalmas helyzetbe hozhassuk, s utána változatlan leolvasással a mérés folytatásához eredeti helyzetébe visszavihessük. A limbus rugalmas megkötéséből származó esetleges hibát a kiegészítő szög mérésével, vagy más megfelelő eljárással tesszük ártalmatlanná. A külszíni méréseknél, különösen háromszögeléseknél a rugalmas megkötés hiánya folytán viszont a szögszorzó rendszer elhagyása a célszerűbb. *Fentemlített megoldásunk ugyanannak a műszernek mindkétfajta felhasználását lehetővé teszi, s emellett egyszersmind korszerű kényszerközpontosításhoz juttat bennünket.*

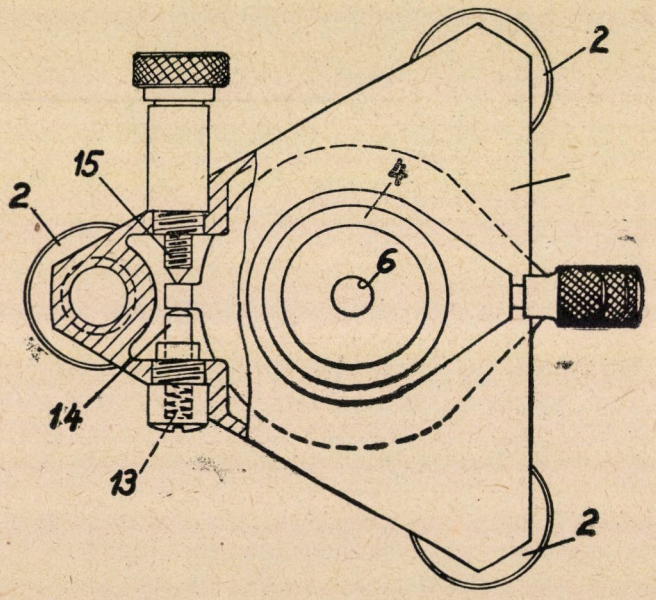
Az előbbiekben vázolt szögszorzó műszertalpra vonatkozó elgondolásunk még 1941-ből való. Hogy miért számolunk be róla a nyilvánosság előtt csak most, annak oka, hogy csak ez idén készülhettek el az első kísérleti példányok és csak e nyár folyamán végezhettük el azokat a kísérleti méréseket, amelyek a szögszorzó műszertalphoz fűzött várakozásainkat teljes mértékben igazolták. Az alábbiakból kitűnik majd, hogy miért került minderre csak ily későn sor.

Előljáróban emlékezetbe kell idéznem, hogy abban az időben a tanszékem műhelye még a kezdet kezdetén állott, s a Magyar Optikai Művekben a jenai Zeiss gyárnak erős érdekeltsége volt. A szögszorzó műszertalp gyakorlati előállítására vonatkozó tárgyalások ezért oda vezettek, hogy a magyar szabadalmi bejelentés jogát a MOM, a többiét pedig a Zeiss cég szerezte meg azzal a határozott kikötéssel, hogy külföldre a MOM-nak is joga van a szögszorzó műszertalpat szállítani, de az export-ár tekintetében a MOM-nak és Zeisséknek egymással szerződést kell kötniök. Azt kell hinnem, hogy Zeisséket eléggé érdekelhette elgondolásunk, mert azonnal hozzáláttak a konstrukciós megoldáshoz, amint ezt a Zeiss-művek geodéziai osztályának vezetője, *Gruber* professzor 1941. ápr. 20-i levelében tudtul is adta: »*Ihren Vorschlag, die Drehhülsenzwangszentrierung zu einer Einrichtung auszubauen, so dass jeder Theodolit damit sofort in einen Repetitionstheodolit verwandelt werden kann, finde ich ausgezeichnet. Wir wollen versuchen diese Idee zum Patent anzumelden und ich bitte Sie daher vorläufig noch nichts darüber zu veröffentlichen. Ich habe den Vorschlag gleich mit dem Konstruktionsbüro besprochen und es ergab sich unmittelbar eine brauchbare Konstruktionsmöglichkeit*«.

A szabadalmi bejelentések a MOM és Zeiss-gyár részéről még 1941—1942-ben megtörténtek. A szabadalmi bejelentéshez csatolt Zeissék szerinti szerkezeti megoldást a 12. ábra mutatja, amelytől azonban későbbi kiviteli példányaink (lásd 13. ábrát) többrendbeli eltérést mutatnak. Elgondolásainknak 12. ábra szerinti Zeiss-féle szerkezeti rajzán látható, hogy a (4)-gyel jelölt forgóhüvelyben a teodolit kiemelhető részének (21)-gyel jelölt csapját a (18) szorítócsavarral köthetjük, s így ez a 8. ábra szerinti forgóhüvelyes kényszerközpontosítás *Sz* szorítócsavarának felel meg. A 8. ábrán a forgóhüvelyt a műszertalphoz kötő *k* kötőcsavarnak itt a (16) kötőcsavar a megfelelője. Jellemző a Zeiss-féle szerkezeti rajzra, hogy a parányelforgatások biztosítására a forgóhüvelyre alulról egy hornyos (7) csapágytest van erősítve. Ennek a (8) hornyában a (9) könyöknyúlvánnyal ellátott (10) csúszógyűrű van forgathatóan ágyazva. Ha a (11) szorítócsavart meghúzzuk, a (10) csúszógyűrűt és ennek (9) hornyát a (4) forgóhüvelyhez kötjük, így a forgóhüvelyt a (14—15) paránycsavar segítségével a műszertalphoz viszonyítva parányi módon elforgathatjuk. Ezáltal a forgóhüvelybe behelyezett teodolit szorzórendszerűvé vált.

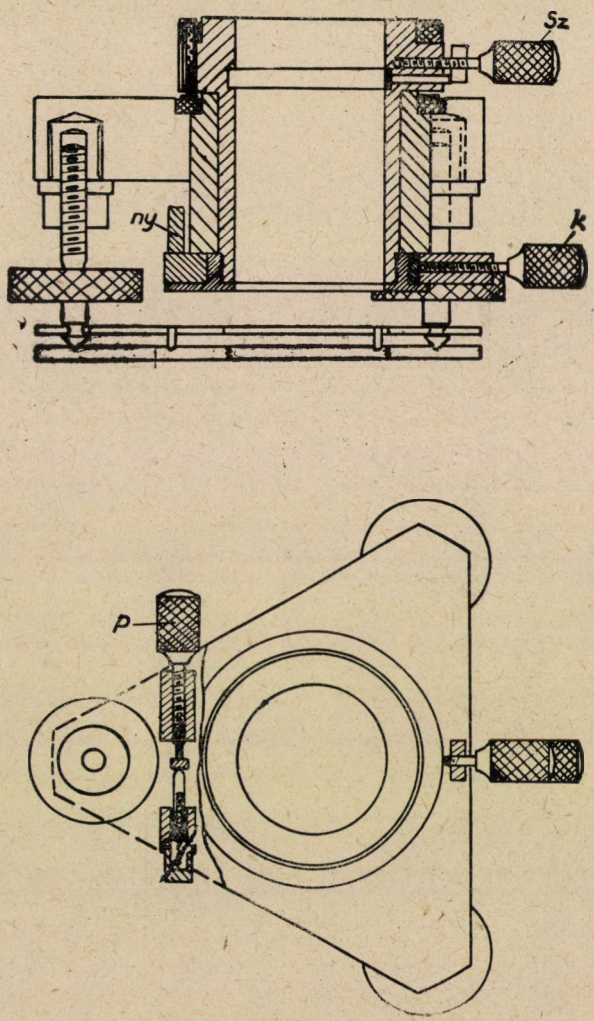
A biztató kezdet után a békés célok szolgálatában álló műszer tényleges kivitelét a háború évekre megakadályozta, s erre a háború okozta pusztítások





12. ábra

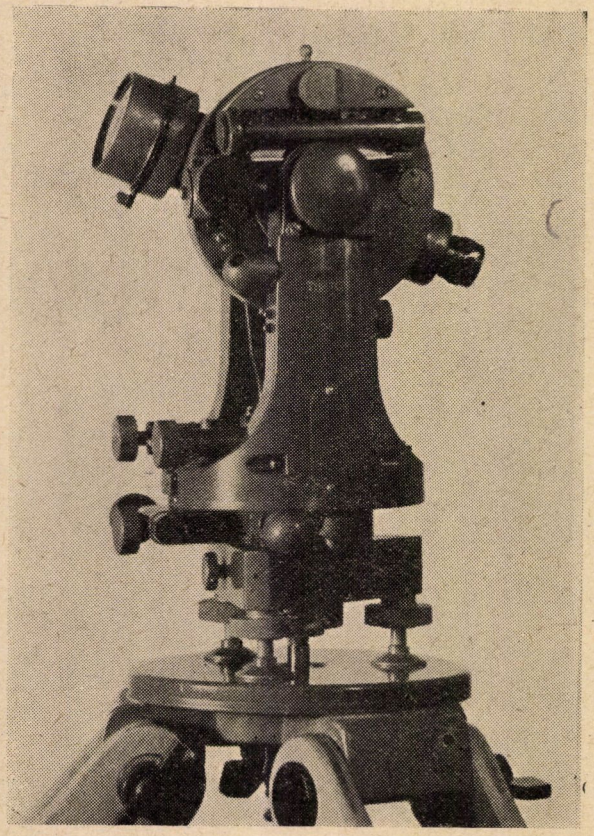
miatt jó időre a háború után sem kerülhetett sor. Közben csupán annyi történt, hogy a jenai gyár 1948. márc. 19-i levele szerint a gyár a szögszorzó műszertalpra vonatkozó megállapodásunkat továbbra is érvénybelevőnek tekinti, de a műszer



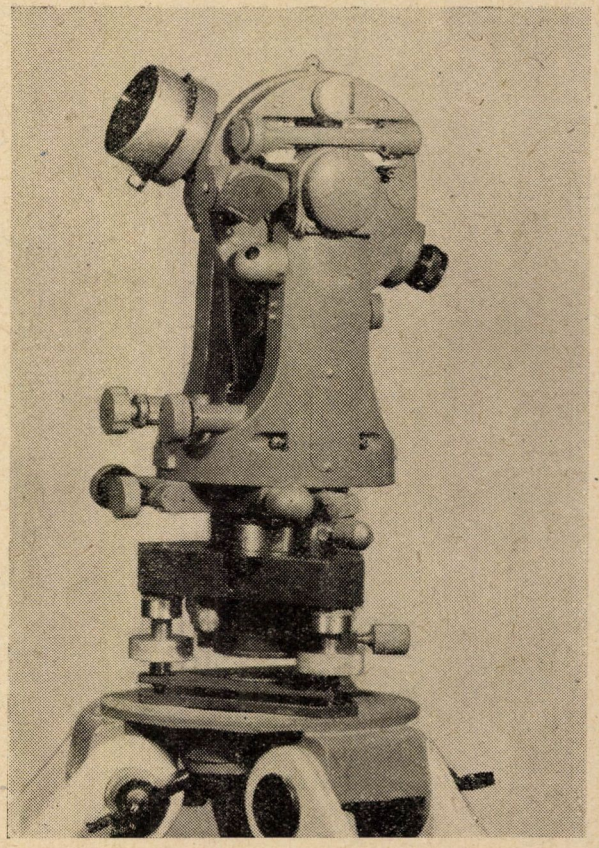
13. ábra

elkészítésére időpontot még mindig nem tudott megadni — továbbá, hogy 135.578. szám alatt 1949. ápr. 25-én a MOM nevén a magyar szabadalmi leírás megjelent.

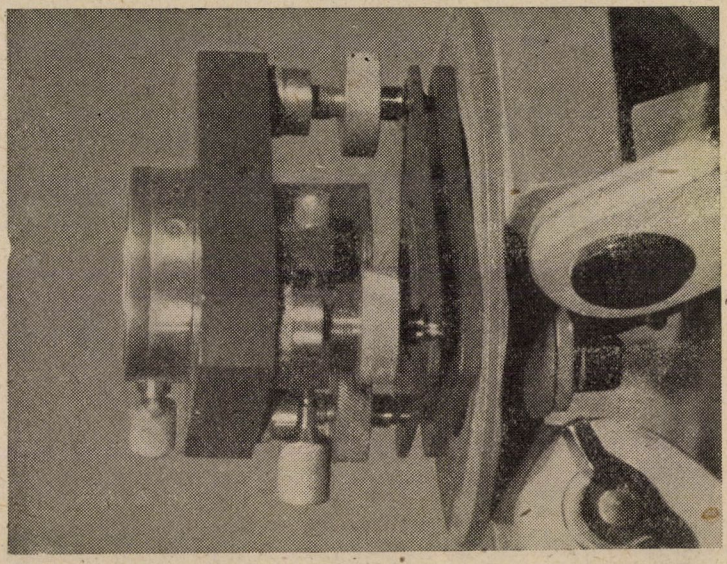
Új lendületet adott a szögszorzó műszertalp elkészítésének az Országos Tervhivatal 1950. márc. 13-i 965/28. sz. rendelete, amely a szögszorzó műszertalp legyártását a Gamma-gyár feladatává tette. Minthogy azonban a Gamma



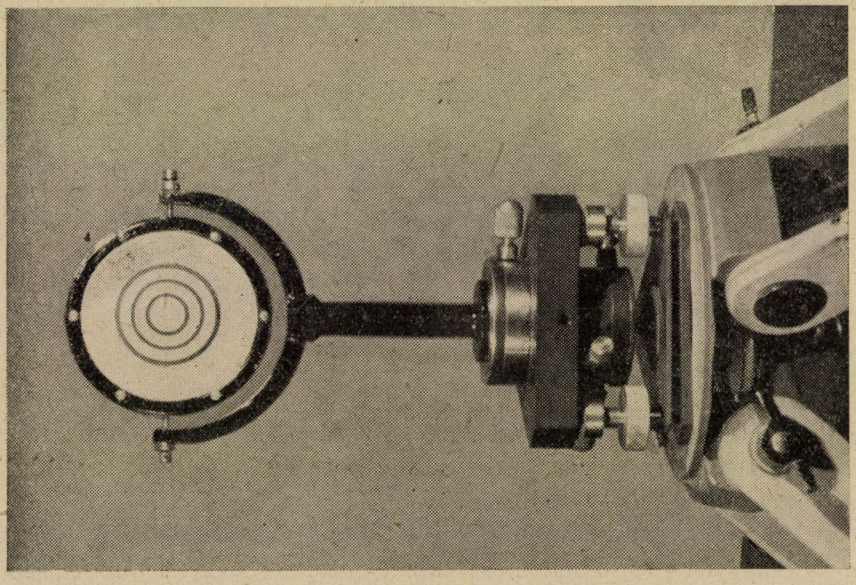
14. ábra



15. ábra

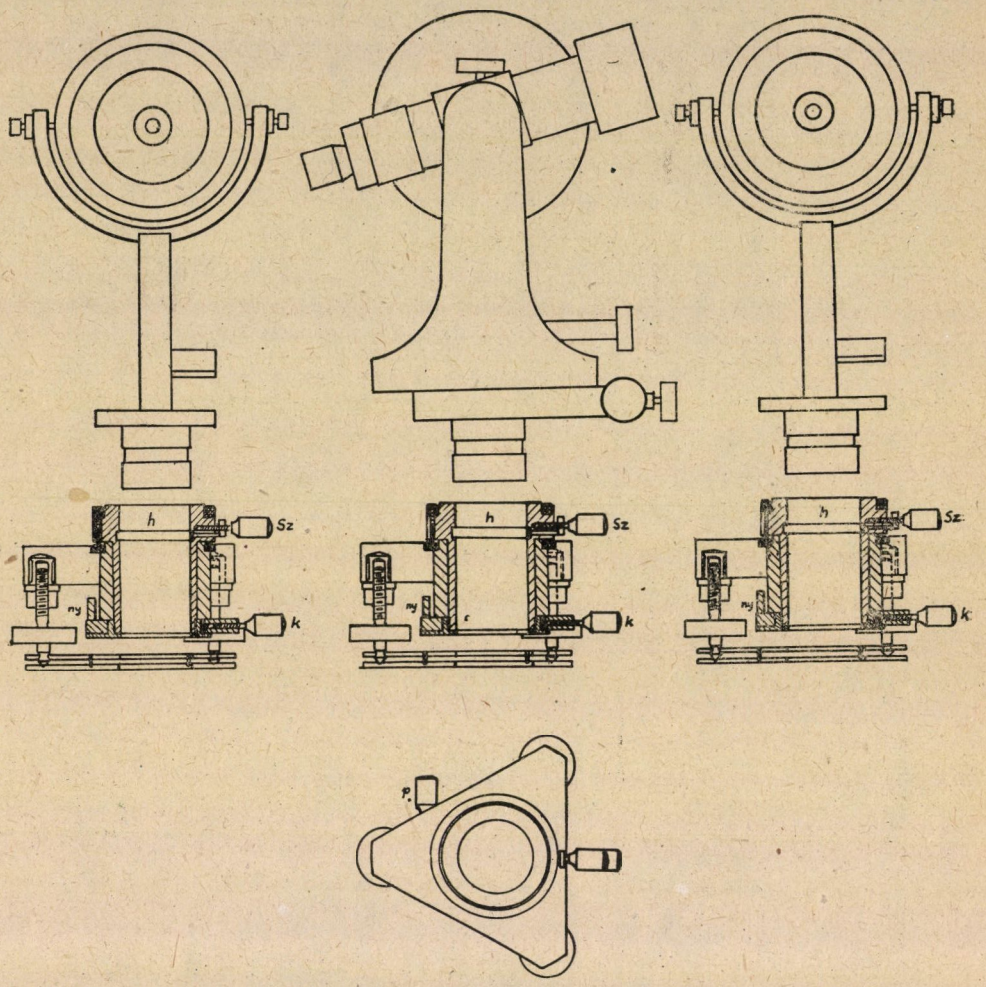


16a. ábra



16 ábra

részéről történő legyártást a szabadalom tulajdonjogával kapcsolatos jogi kérdések zavarták, a kísérleti példányok elkészítésére végül is tanszékem precíziós műhelyében került sor, amihez a MOM már 1949. aug. 17-i levelével hozzájárult.



17. ábra

A gyakorlati használhatóságot szemléltető mintadarab elkészítését egyébként a Talért — amely a szögszorzó műszertalp ügyébe szintén bekapcsolódott — ugyancsak kívánatosnak tartotta.

A kísérleti példányoknak mintaszerű és szabatos elkészítése *Bummer Antal* tudományos főmunkaerőnek, a tanszéki műhely közvetlen vezetőjének az érdeme. Szerkezeti rajzuk a 13. ábrán látható, s ennek a 12-vel való összehasonlításából azonnal kitűnik, hogy kísérleti példányunk egyszerűbb a Zeissék

tervezte szerkezeti rajznál. Ugyanis a forgóhüvelyt a műszertalphoz kötő *k* kötőcsavaron magán van az a *ny* nyúlvány, amelyre a *p* parányscsavar-rendszer hat. A műszer és jelzőtábla csapját a forgóhüvelyhez kötő szorítócsavart *Sz*-szel jelöljük.

A 14. ábránkon egy Süss teodolit látható eredeti műszertalpban, míg a 15. ábra ugyanezt a teodolit-felsőrészt a szögszorzó műszertalpban, mint a műszertalp által szögszorzó teodolittá változtatott műszert mutatja. A 16—17. ábrán a kényszerközpontosításhoz szükséges 3 műszertalp szerkezeti rajzát, illetve képét mutatjuk be.

III.

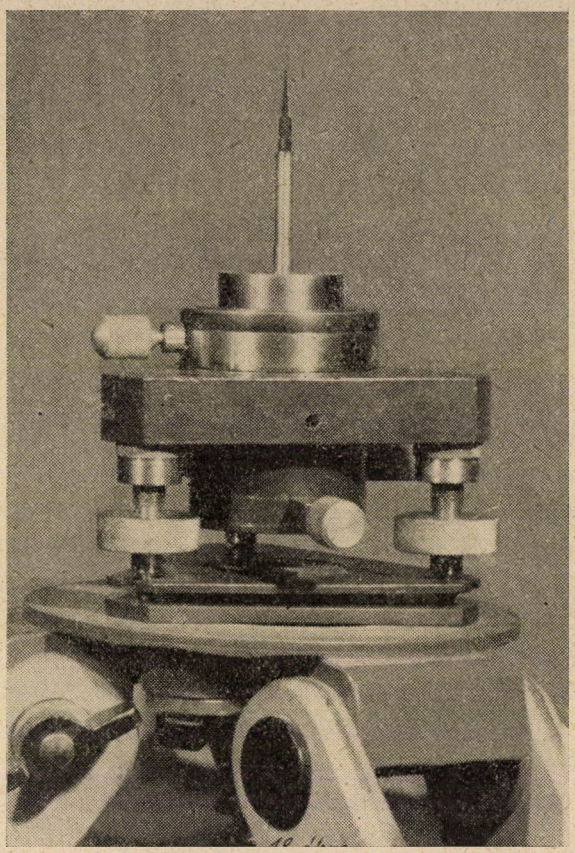
Befejezésül a szögszorzó műszertalp gyakorlati felhasználásáról, illetve a kísérleti mérések eredményéről számolunk be röviden. A kísérleti méréseket *Gyarmathy Dénes* tanársegéd és *Ádám Antal* szig. mérnök nagy gonddal, odaadással és szakszeretettel végezték el.

Megelőző fejtegetéseink értelmében a szögszorzó műszertalpnak két különálló felhasználási lehetősége van: *a)* a szögszorzó műszertalpba helyezett egyszerű vagy ismétlő teodolitot, mint szögszorzó teodolitot használjuk; *b)* a szögszorzó műszertalp tengelyét mint forgástengelyt a külpontossági hibák szimmetrikus helyzetbe való hozására, s káros hatásuknak a kiküszöbölésére hasznosítjuk. Mindkét felhasználásra különösen a földalatti méréseknél kerül sor, s így a szögszorzó műszertalp alkalmazásai összhangban vannak egymással.

Az első felhasználás nem érinti a kényszerközpontosítást, s csupán arra szolgál, hogy pontatlanabb leolvasóberendezések esetében a leolvasási hibát szögszorzás útján csökkenthessük, illetve a szűkös helyviszonyok mellett segítségével a leolvasóberendezést a leolvasásra kényelmes helyzetbe hozhassuk, s utána a szögmérés folytatásához változatlan leolvasással visszaállítsuk. Itt tehát a két megirányzott pont függélyező is lehet, esetünkben azonban a megirányzási hiba lehető csökkentésére — hogy a szögszorzó műszertalp esetleges hibája jobban megmutatkozzék — két jól megvilágított fali jelzőtábla szolgált célpontul. Műszer gyanánt a szögszorzó műszertalp tengelye körüli szögszorzás ellenőrzésére oly műszer mutatkozott célszerűnek, amelynek különben is van szögszorzó tengelye, hogy a két tengely körüli eredményeket egymással közvetlenül össze lehessen hasonlítani. Minthogy továbbá a szögszorzó műszertalpat a hazai hüvelyes kényszerközpontosítású teodolitjaink csapjai részére készíttettük, a kísérletekre a Süss-féle 54648 sz. 10 V-típusú teodolit látszott a legalkalmasabbnak, bár skálás mikroszkópjának 12″-es becslésénél pontosabb leolvasás nem ártott volna. A szögszorzások számával a leolvasási hiba — igaz — jelentékenyen csökken.

A kísérleti méréseknél az egyes szögeket hól az eredeti szögszorzó tengely, hol a műszertalp tengelye körüli szögszorzással, mégpedig 4, 6 és 8-szoros szögszorzással mérték. A kényszerközpontosításhoz szükséges mind a három

szögszorzó műszertalpat kipróbáltattam, s valamennyi műszertalp mérését egybevetettem. A két tengely körüli szögszorzásból számított egyszeres szögértékek között a legnagyobb eltérés négyszeres szögszorzás mellett 3,5″ volt, átlagban azonban 2″ alatt maradt, s hol az egyik tengely körül mért szög volt a



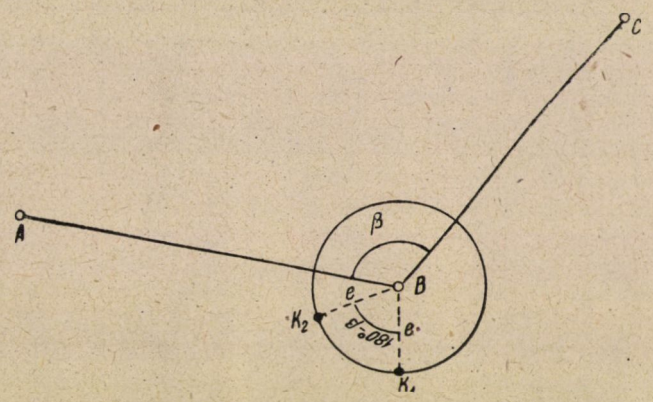
18. ábra

nagyobb, hol a másik, annak a jeléül, hogy a mutatkozó eltérések szabálytalan jellegűek, s főleg a megirányzás és leolvasás, nem pedig a műszertalp hibáira vezethetők vissza. E vizsgálatok szerint mindhárom szögszorzó műszertalpat *Bummer Antal* egyformán pontosan és kifogástalanul készítette el, s mindhárom egyformán alkalmas a méreteiben beillő teodolitnak szögszorzó teodolittá való átalakítására.

A második felhasználásnál, a szögszorzó műszertalpnak mint kényszerközpontosító berendezésnek a vizsgálatánál szemelőtt kell tartanunk, hogy a külpontossági hibák hatása a szögmérésben annál jobban megmutatkozik,

mentül rövidebbek az irányzási hosszak. A szóbanforgó teodolit távcsövénél 1,5 m volt a legrövidebb irányzási hossz, ezért kísérleti sokszögvonalainknál is ez volt az egyes oldalak hossza. Ily rövid irányzások mellett a jelzőtáblák helyett célszerűbb volt jelzőtűket használni (18. ábra), amelyek a megirányzási hibák csökkenését eredményezték.

A külpontossági hibák kiküszöböléséhez két szimmetrikus helyzetben való vízszintesvetületi szögmérés kell. Ehhez elvileg a szögszorzórendszer paránybeállító berendezése nem szükséges, hanem úgy járhatunk el, mint a forgóhüvelyes kényszerközpontosításnál: a függőleges tengelyű műszertalp-



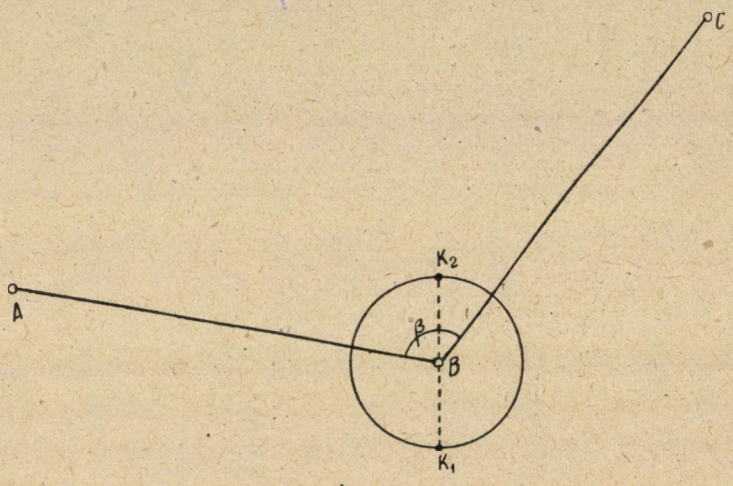
19. ábra

ban levő teodolittal megmérjük a szöget, s utána a három műszertalp függőleges tengelye körül mind a teodolitot, mind a két jelzőtáblát kb. 180°-kal elforgatjuk, s másodszor is megmérjük a szöget. A kettő középértéke a külpontossági hibák hatásától mentes vízszintesvetületi szöget adja. Ez a mérés történhet úgy is, hogy az első szögmétrés csak az első, s a második szögmérést csak a második távcsőfekvésben végezzük, s ebben az esetben már a két fekvésből álló egyszerű szögmérés is a helyes szöget adja.

Ha azonban a szögszorzó műszertalpnak paránybeállító berendezése is van, akkor az egyszerű szögmérést leegyszerűsítetten úgy is el lehet végezni, ahogy szögszorzó teodolittal általában szoktunk, hogy t. i. az első fekvés változatlan leolvasásával folytatjuk a mérést a második fekvésben. Az a kérdés most, bekövetkezik-e ennél az alhidádé tengelye és a műszertalp tengelye közti külpontossági hibának szimmetrikus helyzete, mert a leegyszerűsített mérés e külpontossági hiba tekintetében csak ekkor engedhető meg.

Az egyszerű szögmérés szögszorzás szerint való elvégzésének egyik módja, hogy közel nulla leolvasással kezdjük a bal iránnyal a mérést, az első távcsőfekvés jobb irányának a leolvasásával a második távcsőfekvésre térünk át, s e változatlan leolvasással újból a bal irányra beállva az alhidádé tengely körül a

jobb irányra megyünk át, s ezután leolvassuk a kétszeres szöget. Hogyan viselkedik e mozgások közben az alhidádé tengelye a szögszorzó műszertalp tengelyéhez viszonyítva? A 20. ábrán legyen B a műszertalp forgástengelye, s K_1 az alhidádétengely állása az első távcsőfekvésben, amely B-hez viszonyítva a β-szögnek az első távcsőfekvésben történő mérése alatt helyzetét nem változtatja. Amikor azonban a második távcsőfekvésbe való átmenetel után a távcső B-től a C-vel ellentétes irányba mutat s mi változatlan leolvasással a műszertalp tengelye körüli forgatás után újból A-ra állítjuk be távcsövünket, K_1 a $180°$-β



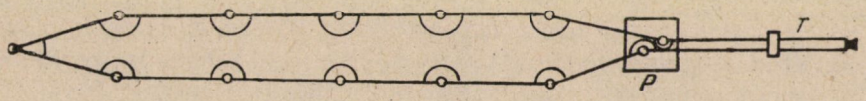
20. ábra

elforgatási szögnek megfelelően K_2-be kerül, s ez B-hez viszonyítva K_1-nek nem szimmetrikus helyzete. A külpontossági hibák kiküszöbölése tekintetében ez a módszer tehát nem jó.

Ha azonban a második távcsőfekvésben változatlan leolvasással újból C-t irányozzuk meg, K_2 eredeti K_1 helyzetétől a 21. ábrán az éppen $180°$-kal ellentétes, tehát szimmetrikus helyzetbe kerül, s ebben is marad, amikor C-ről A-ra menve a második fekvésben visszafelé mérjük a β szöget, s A megirányzásánál újból közel nulla leolvasást kapunk. Ezzel a mérési módszerrel tehát a külpontossági hiba hatásának a kiküszöbölését elérhetjük. Ez a mérési eljárás pedig az, amelyet más okokból már olyan sokan, így pl. *Hammer* [7 ; 401. old.] és *Aubell* [8 ; 15. old.] a többek között a limbus együttsúrlódási hibájának és az alhidádétengelynek a limbustengelyhez viszonyított ferdeségi hibája kiküszöbölésére mint a legmegfelelőbb szögszorzó eljárást már régóta ajánlanak. *Aubell*-nek az a bizonyítása [8 ; 13—15. old.], hogy a szimmetrikus helyzetek az egyes távcsőfekvésekben többszörösen mért szögek esetében is fennállanak, nyilvánvalóan nemcsak a limbus-, hanem a műszertalp tengelyére is vonatkozik.

A szögszorzó műszertalppal való helyes szögmérésnél tehát a külpontossági hibák hatásának kiküszöbölésére a második távcsőfekvésben a szöget fordított irányzási sorrendben, tehát ú. n. negatív szögméréssel kell mérnünk.

A fentiekből az is kitűnik, hogy ha a szögszorzó műszertalp állótengelye függőleges, a vázolt mérési eljárásnál az sem számít, ha az alhidádé tengelye nem párhuzamos a műszertalp tengelyével. Ilyen kis eltérés a teodolit felső részének a műszertalpba való helyezésénél és megkötésénél keletkezhetik. *Függőlegesíteni az előbbiek szerint a műszertalp tengelye körüli szögszorzással való mérésnél is mindig a szögszorzó műszertalp tengelyét kell, éppen úgy, mint a külpontossági hibák kiküszöbölésénél.*



21. ábra

A külpontossági hibák kiküszöbölésének vizsgálatát célzó kísérleti méréseinknél az előbbiekben megadott szögmérési eljárást alkalmaztuk. A valódi mérési hibák meghatározására legjobb a zárt sokszögvonal. Minthogy csak három szögszorzó műszertalp esetében a zárás pontosan nem lehetséges, az alagsori kísérleti termünkben a 22. ábra szerinti elrendezést választottuk. A mérés a *P* pilléren kezdődött és ott fejeződött be. Minthogy pontosan a kiinduló helyre a forgástengelyt visszahelyezni körülményes lett volna, csatlakozó irány gyanánt egy kollimátorállásban levő *T* távcső szolgált, úgyhogy a *T* távcső felé menő két irány párhuzamos lett egymással. Ennek megfelelően az összes megmért szögek hibamentes összege $= (n-2)\,180° = 2160°$, minthogy esetünkben $n=14$, mert a *T* távcsövön keresztülmenő oldalak végtelenben levő végpontja is sokszögpontnak számít, pontosan nulla törésszöggel. A 2160°-tól való eltérések a poligon 13 megmért szöge összegének ε_p valódi hibáját adják. Ebből a sokszög 13 szöge összegének $\pm\,\mu_p$ középhibája *N*-szer végigmért sokszögvonal esetében :

$$\mu_p = \sqrt{\frac{[\varepsilon_p\,\varepsilon_p]}{N}} = \pm 28{,}98'' \doteq \pm 29''$$

értékűnek adódott. Ebből az egyes szögmérés $\pm\,\mu_\beta$ középhibája :

$$\mu_\beta = \pm\frac{\mu_p}{\sqrt{13}} = \pm 8{,}05'' \doteq \pm 8''.$$

Ezt azonban terheli még a leolvasási és megirányzási hibák hatása. Számos kísérleti mérésből 1,5 m-es szögszárak, s változatlan műszer- és jelzőtűállás mellett ez egy szögre $\pm 7{,}71''$-nek adódott. Ennek megfelelően a külpontossági hibákra esne $\mu_{\beta,k}$ érték :

$$\mu_{\beta,k} = \sqrt{8{,}05^2 - 7{,}71^2} = \pm 2{,}25''.$$

Ebből (5) egyenletünk szerint

$$e = \pm \frac{\mu_{\beta,k}\, d}{\varrho\sqrt{3}} = \pm 0{,}0095 \text{ mm} = \tfrac{1}{100} \text{ mm}$$

lenne.

A valóságban a helyzet még kedvezőbb. A leolvasási és irányzási hibákból kapott $\pm 7{,}71''$ és a sokszögvonal záróhibáiból levezetett $\pm 8{,}05''$ középhiba gyakorlatilag egyenlőnek vehető, hisz a két középhiba bizonytalansága, a középhiba középhibája a kapott 0,3" különbségnél sokkal nagyobb. *Így tehát megállapíthatjuk, hogy méréseink alapján megfogható és kimutatható külpontossági hiba a szögszorzó műszertalp használata esetében nem maradt vissza.*

Az érdekesség kedvéért meg kell itt jegyeznünk, hogy a kísérletek elején az eredmények nem voltak ilyen kedvezőek, s egész 2'-ig menő eltérések is mutatkoztak. A behatóbb vizsgálat kiderítette, hogy ennek oka nem a műszertalp, hanem a hibát a teodolit távcsöve belső képállítást végző lencséjének excentrikus vezetése okozta, s ez a pilléren való szögmérésnél az 1,5 m-re eső jelzőtű és a kollimátor-távcső végtelenben látszó szálkeresztje közötti elállítás alatt, tehát a két szélső helyzet között jelentős eltérést okozott. Ha azonban a kollimátor-távcsövet a teodolit távcsövével két távcsőfekvésben irányozzuk meg, a belső képállítást végző lencse külpontossági hibája ellentétes irányúvá válik, l hatása a középértékben megsemmisül. Az e szempont szerint végzett mérések azután a várt eredményeket adták.

*

Fejtegetéseink és a végzett kísérleti mérések alapján megállapíthatjuk, hogy a szögszorzó műszertalp hozzáfűzött várakozásainknak mindkét felhasználási vonalon mindenben megfelelt. Így most már indokolt a nyilvánosságra való hozatala, de az is, hogy gyártása megkezdődjék.

IRODALOM

1. *R. Reeh:* Kritik der Genauigkeit polygonometrischer Punkt- und Richtungsbestimmungen in der Markscheidekunst. Mitteil a. d. Markscheidew. Heft 10. (1908). 35—90. old
2. A kényszerközpontosítások geodéziai jelentősége és szerkezeti megoldásai. Mérnök Továbbképző Int. M. 53. füzete (1944).
3. *Parschin—Wilski:* Tagesanschluss der Grubenmessungen, Heft I. (1914).
4. Das markscheiderische Steilschachtproblem. A Bánya- és Kohómérnöki Osztály Közleményei, 1937. év. 243—319. old.
5. Die Drehhülsenzwangszentrierung. A Bánya- és Kohómérnöki Osztály Közleményei, 1943. év, 68—80. old.
6. *N. A. Guszev:* Insztrumentovedenie marksejdersko-geodezicskie insztrumentü. Ugletechizdat, 1949.
7. *E. Hammer:* Lehrbuch der elementaren praktischen Geometrie (Vermessungskunde). I. köt. (1911).
8. *F. Aubell:* Einige Bemerkungen zum Wiederholungs (Repetitions)- Theodolite und zum Verfahren der Winkelwiederholung. Österr. Zeitschr. f. Vermessungswes, 1922. év, 8—16. old.

HOZZÁSZÓLÁSOK

TÁRCZY-HORNOCH ANTAL előadásához

KOMPOLTHY ÖDÖN

A bányamérnök a legmostohább viszonyok között végzi különböző mérési feladatait. Az aknafüggélyezésnél legtöbbször víztől csöpögő aknában, páratelt és 5—8 méter/sec sebességű légáramban kell mérnie. Az alapvonal, melyhez a földalatti mérését kapcsolja, csak a legritkább esetben haladja meg a két métert. Az áttörési méréseknél sokszáz méter nyitott sokszögvonalat kell mérnie rövid és még rövidebb oldalhosszakkal. A bányatérségek legtöbbször nyomásban vannak és az amúgyis szűk méretük még kisebbre nyomódik össze. A mozgásban levő térségekben a bemért pontok rögzítése illuzóriussá válik. A veszített pontokkal való mérés megismétlésekor az egyes bemért pontok mérési adatainak összehasonlítására, ellenőrzésére nincsen mód. A páratelt és alig szellőztethető vak vágatban a bányalámpa fénye jánosbogárka fényévé redukálódik.

E mostoha viszonyok között dolgozó bányamérnök a legnagyobb örömmel üdvözöl minden olyan újítást, mely munkáját megkönnyíti, s a mérés pontosságát növeli.

Már eddig is nem egy olyan problémát oldott meg *Tárczy-Hornoch Antal*, mely az évekig stagnáló módszereket forradalmasította. Hogy csak a legfontosabbakat említsem: az egyébként világhírű *Cséti*-féle aknafüggélyező műszer minden hibáját kiküszöbölte. Az irányrögzítő műszerével az iránykitűzés hibáját a minimumra csökkentette. De bármennyire fontos és korszakot jelentő volt az említett két műszer, sokkal fontosabbnak tartom a mostani előadáson ismertetett kényszerközpontosítást. A teodolittal való mérésnél a rövid oldalhosszak miatt éppen a központosítás volt az, hol a legnagyobb gondosság mellett is meg nem engedhető hibák csúszhattak be a mérésbe. A szögszorzó műszertalp egyesíti magában mindazt, amit egy bányamérnök megkívánhat: a modern nem szögszorzásra felépített nagypontosságú műszer alkalmazását bányában, hol azonban a szögszorzás elsőrendű kívánalom, a majdnem hibátlan szögmérést éppen az elkerülhetetlen külpontosság felhasználásával. A műszerrel való mérés végtelenül egyszerű s a szimmetrikus helyzetben való két mérés középértéke adja a tényleges szög szabatos értékét. E műszer használatánál fog rádöbbenni a mérnök, hogy a legcsekélyebb külpontosság mekkora hibával terhelte eddigi méréseit.

Úgy a magam, mint bányamérnöktársaim nevében melegen üdvözlöm az előadót a műszer megszerkesztéséért és értékes előadásáért s várjuk a műszer mielőbbi gyakorlati alkalmazását.

KONRÁD ÖDÖN

Midőn a teodolit a bányamérésben is mindjobban elterjedt, eleinte érthető öröm töltötte el a bányamérőket. Ez érthető, ha az addig használt függőkompasz mintegy 5—6 elsőperces leolvasási pontosságát a teodolit 20—30 másodperces leolvasási képességével összehasonlítjuk. Az öröm azonban korainak bizonyult, mert csakhamar jelentkezett a teodolittal mért bányasokszögvonal veszedelme,

a hibaterjedés következtében fellépő, nagyobb elcsavarodási lehetőség, ami a kompasszal mért sokszögvonalakat tudvalevőleg kisebb mértékben befolyásolja. Különösképen szembetűnő ez a bányabeli sokszögvonalaknál igen gyakori rövid oldalhosszak esetében, amikor is a megirányzás, valamint a rögzített pont függőleges vetületében való felállás és pontjelölés bizonytalansága a leolvasási határértéket néha többszörösen is felülmulja. A kompaszhoz visszatérni már nem lehetett, mert a vas és elektromos áram bevezetése miatt a mágnestű nem volt használható. A kutatás útja tehát kijelölt volt : A teodolittal mért sokszögvonal hibaforrásainak megkeresése és azok kiküszöbölése erre alkalmas műszerkonstrukció, mérési eljárás és számítási módszer által.

A külpontos felállás és megirányzás által okozott hibák jelentőségét hamar felismerték és ennek kiküszöbölésére néhány kezdetleges kisérlet után 115 évvel ezelőtt, 1836-ban megszületett a mai értelemben vett korszerű hüvelyes kényszerközpontosító berendezés primitív formája.

Ez azonban feledésbe ment s csak később kezdtek ismét a kényszerközpontosítás szükségességével foglalkozni, amelynek alapján jelent meg a meglevő 20—30 másodperces teodolitokhoz alkalmazható három-lábcsatornás és freibergi gömbös kényszerközpontosító berendezés. Kétségtelen, hogy e berendezések nagyban hozzájárultak a szokszögvonalak pontosságának fokozásához és a bányamérésben el is terjedtek, de a problémát nem oldották meg.

A műszertechnika fejlődésével kapcsolatban a teodolit korszerűsítésénél a kényszerközpontosítási elvet kissé elhanyagolták, s inkább a leolvasó berendezések tökéletesítése dominált, amelynek eredményeképen az optikai mikrométeres, 1 másodperc közvetlen leolvasási képességű teodolitok általánosan elterjedtek. E teodolitok használatánál a külpontos felállásból és megirányzásból eredő hibának az említett kényszerközpontosító berendezések alkalmazása mellett is még mindig bentmaradó része az 1 másodperc leolvasási képesség többszörösét teszi ki s így a nagyteljesítményű teodolit használata tulajdonképen illuzóriussá vált. A kutatás tehát tovább folytatódott azirányban, hogy a kényszerközpontosító berendezés és eljárás a leolvasóképességgel összhangban legyen. Ennek a kutatómunkának eredményeképen, mint közbenső megoldás is, jelentős lépés volt a forgócsapos, valamint a hüvelyes berendezés alkalmazása.

A követelményeket azonban még ezek sem elégitették ki és e több mint 100 éve húzódó probléma tökéletes és végleges megoldása is, mint sok más problémáé, *Tárczy-Hornoch* nevéhez fűződik, a forgóhüvelyes kényszerközpontosító berendezés megalkotása és a kényszerközpontosítási elv, illetve mérési eljárás elméletileg is megalapozott gyakorlati módszerének kidolgozása által. Ennek csúcseredményét jelenti az elhangzott előadásban ismertetett és minden igényt tökéletesen kielégítő szögszorzó műszertalpnak a szabatos sokszögeléseknél való alkalmazása.

Ennek az új műszer-konstrukciónak különösen a bányabeli sokszögméréseknél van felbecsülhetetlen jelentősége, mert a bányamérőnek általában igen nagy pontosságot kívánó, felelősségteljes méréseit a legnehezebb körülmények között kell végeznie. Bányabeli sokszögvonalaknál mindig az adott helyzethez kell alkalmazkodni, a sokszögvonalakat tehát nem vezethetjük az elméletileg megkívánt kedvező alakban. Egy-egy nagyobb áttörési mérésnél nem ritka a néhány km hosszú, kanyargós, száznál is több pontból álló sokszögvonal, amelyben igen rövid, 3—5 m hosszú odalak is előfordulnak. Nem szükséges hangsúlyozni

az ilyen vonalaknál fellépő veszedelmes hibaforrásokat. A mérésnek pedig jónak kell lenni, mert ezt követeli az üzem zavartalan menete, a termelés fokozása.

Örömmel üdvözölhetjük tehát eme új műszer megjelenését, amely a földalatti sokszögméréseket könnyebbé, gyorsabbá és megbízhatóbbá teszi, de újabb bizonyítékát is jelenti a magyar szellem és akaraterő nagyságának és a békés építőmunka eredményének.

SÉBOR JÁNOS

Nehéz feladat hozzászólni egy olyan tanulmányhoz, amelyet az előadó minden részletében legalaposabban dolgozott ki és olyan új műszerszerkezetet tárgyal, amelynek helyességét sorozatos kísérleti mérésekkel bizonyította be.

Mégis legyen szabad pár szót szólanom ennek az újításnak nagy jelentőségéről. Minden újabb szerkezetnek akkor van értelme, ha ez a mérési eljárást vagy meggyorsítja és így olcsóbbá teszi, vagy ha a mérési eredmény pontosságát növeli. Ez az újítás mind a két említett előnyt tartalmazza.

Jelentősége a mi viszonylatunkban különösen most igen nagy, amikor fővárosunk földalatti vasútépítése fokozott teljesítmény elé állítja mérnökeinket. Ennél a munkánál igen nagy pontosságra van szükség. A mérésekben előforduló hibahalmozódás kiszámíthatatlan következményekkel járhat. Így a legnagyobb megnyugvás tölthet el minden mérnököt, akik hivatva vannak ennél a korszakalkotó munkánál közreműködni, hogy egy ilyen nagyjelentőségű és a pontosságot ilyen nagy mértékben növelő műszer áll rendelkezésükre.

Nagyhorderejű ez az újítás azért is, mert ezzel a szögszorzó műszertalppal az egyszerű, kisebb leolvasási határértékű műszerek mint szorzóműszerek használhatók. Ez a körülmény nagy anyagi megtakarítást jelent, mert e szerkezet beiktatásával a régi egyszerű műszerekkel is elérhető az a nagyobb pontosság, amit népgazdaságunk erős ütemű fejlődése műszaki munkáinktól megkövetel. Az újítás nélkülözhetővé teszi a csak jelentős költséggel beszerezhető újabb rendszerű kisebb leolvasási határértékkel dolgozó pontosabb műszerek behozatalát.

FIALOVSZKY LAJOS

Hozzászólásomban a sokszögeléssel meghatározott P_n pontnak a véletlen jellegű külpontosság okozta tetszőleges irányú középhibája általános érvényű meghatározásához óhajtok saját vizsgálatom eredménye alapján egy további adalékkal szolgálni.

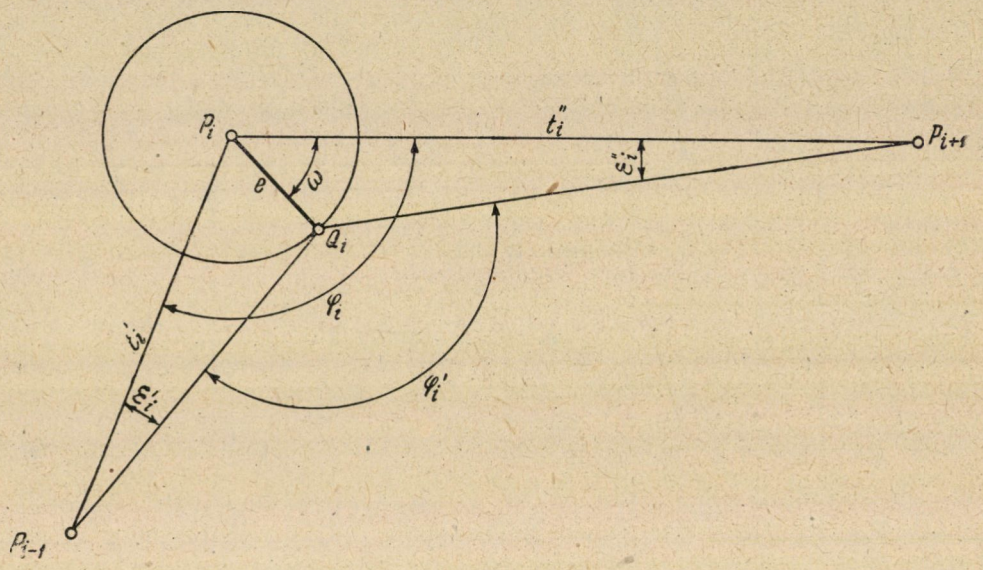
A $P_1, P_2 \ldots P_i \ldots P_n$ pontokból álló sokszögvonal i-edik, P_i pontjában (1. ábra) mért φ_i törésszög μ_i középhibája négy részből tevődik össze. A szögmérő műszerre jellemző szögmérési középhibarészt μ_{iI}-gyel jelölöm (ebben van az irányzási, a leolvasási, a limbusosztási hibának és a szabálytalan tengelyjárásnak együttes hibahatása); μ_{iII}-vel jelölöm a műszer véletlen jellegű külpontos felállásából származó szögmérési középhibarészt, μ_{iIII}-mal a P_i pontot megelőző P_{i-1} pont véletlen jellegű külpontos jelzéséből, végül μ_{iIV}-gyel a P_i pontot követő P_{i+1} pont véletlen jellegű külpontos jelzéséből származó szögmérési középhibarészt, úgy, hogy a mért φ_i törési szög teljes középhibája

$$\mu_i = \sqrt{\mu_{i,I}^2 + \mu_{i,II}^2 + \mu_{i,III}^2 + \mu_{i,IV}^2} \qquad (1)$$

A $\mu_{i,I}$ középhibarész tüzetes megvizsgálása végett nézzük meg a viszonyokat az 1. ábrán, amelyen $P_{i+1}P_i = t_i''$ a P_i pontot követő, $P_iP_{i-1} = t_i'$ a megelőző oldal hossza, φ_i a külpontossági hibáktól mentes törési szög, Q_i pont a műszer álló tengelyének vetülete, $P_iQ_i = e$ a műszerfelállás külpontossága, ω a műszer külpontossági irányának a követő oldal irányával bezárt szöge.

A műszer külpontos felállása miatt a helyes értékű φ_i törésszög helyett a φ_i' hibás szöget mértük meg. A valódi szöghiba ennek következtében

$$\varepsilon_{iII} = \varepsilon'_{iII} + \varepsilon''_{iII} = \frac{e \cdot \sin \omega}{t_i''} + \frac{e \sin (\varphi_i - \omega)}{t_i'}. \tag{2}$$



1. ábra

A középhibára ebből a következő megfontolással juthatunk. Mindenekelőtt megállapíthatjuk, hogy az e külpontosság egyenlő valószínűséggel lehet bármily irányú, vagyis az ω szög egyenlő valószínűséggel vehet fel bármily értékte 0 és 2π között. Osszuk fel a teljes körforgás 2π szögét oly nagy l számú egyenlő

$$\Delta\omega = \frac{2\pi}{l} \tag{3}$$

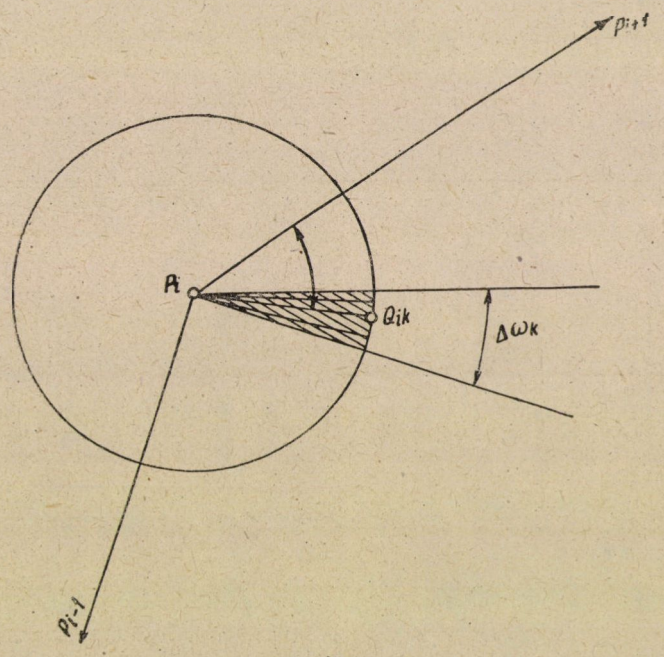
részre (2. ábra), hogy mindazok a különböző értékű ω szögek, amelyeknek egyik szára a P_iP_{i+1} egyenes, másik szára a képen feltüntetett k-adik $\Delta\omega_k$ szektorba esik, egyenlő ω_k értékűeknek legyenek tekinthetők.

Gondoljuk most egy pillanatra azt, hogy a P_i ponton igen sok, a $\Delta\omega$ szektorok l számánál sokszorosan nagyobb, mondjuk

$$N = lm \tag{4}$$

számú szögmérést végeztünk olymódon, hogy a műszert minden mérés előtt újból állítottuk fel, az előző felállástól függetlenül, de úgy, hogy a külpontosság valódi mérete mindig e maradt. Igen nagy N számú, egymástól független felállás és mérés esetében nyilvánvaló, hogy a Q_{ik} műszerfelállási pontok a P_i középpontú, e mm sugarú körön egyenletes sűrűséggel helyezkednek el.

Így minden $\Delta\omega$ szögszektorba $\frac{N}{l} = m$ számú különböző ω értéknek megfelelő külpontossági irány jut. Ezek a szögek azonban $\Delta\omega$ kicsinysége miatt egymással



2. ábra

egyenlő ω_k értékűeknek tekinthetők. A 2. ábrán feltüntetett $\omega_k = P_{i+1}P_iQ_i$ külpontossági szög esetében a Q_{ik} ponton mért törésszög valódi hibája (2) alapján

$$\varepsilon_{i,II,k} = \varphi_i - \varphi'_i = \varepsilon''_{iIIk} + \varepsilon'_{iIIk} = \frac{e \cdot \sin \omega_k}{t''_i} + \frac{e \cdot \sin(\varphi_i - \omega_k)}{t'_i}. \quad (5)$$

Ugyanekkora valódi szöghiba áll elő minden más olyan esetben is, amikor a külpontosság ω szögének mozgószára a $\Delta\omega_k$ szektorba esik. Az előbbiek szerint m számú ilyen eset van.

Térjünk most át a μ_{iII} középhiba meghatározására:

$$\overline{\mu_{iII}} = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^{l} m \cdot \varepsilon^2_{iIIk}}{N}}. \quad (6)$$

Az (5) egyenletet behelyettesítve (6)-ba és mind a számlálót, mind a nevezőt

szorozva $\frac{2\pi}{N}$ -nel, a (3) és (4) figyelembevételével

$$\overline{\mu_{iII}} = \frac{e}{\sqrt{2\pi}} \sqrt{\sum_{k=1}^{l} \left(\frac{\sin \omega_k}{t_i''} + \frac{\sin(\varphi_i - \omega_k)}{t_i'}\right)^2 \Delta\omega}. \tag{7}$$

Könnyen belátható, hogy ha most áttérünk a határértékre, $l \to \infty$ esetére, akkor a gyökjel alatti szumma határozott integrállá alakul:

$$\overline{\mu_{iII}} = \frac{e}{\sqrt{2\pi}} \sqrt{\int_0^{2\pi} \left(\frac{\sin \omega}{t_i''} + \frac{\sin(\varphi_i - \omega)}{t_i'}\right)^2 d\omega}. \tag{8}$$

Az integrandust megfelelően átalakítva:

$$\overline{\mu_{iII}} = \frac{e}{\sqrt{2\pi}} \sqrt{\int_0^{2\pi} \left(\frac{\sin^2 \omega}{t_i''^2} + \frac{2 \sin \omega \sin(\varphi_i - \omega)}{t_i'' \cdot t_i'} + \frac{\sin^2(\varphi_i - \omega)}{t_i'^2}\right) d\omega} =$$

$$= \frac{e}{\sqrt{2\pi}} \sqrt{\int_0^{2\pi} \left(\frac{\sin^2 \omega}{t_i''^2} + \frac{\sin 2\omega \sin \varphi_i - \sin^2 \omega \cos \varphi_i}{2 \cdot t_i'' t_i'} + \right.}$$

$$\left. + \frac{\sin^2 \varphi_i \cos^2 \omega + \cos^2 \varphi_i \sin^2 \omega - \frac{1}{2} \sin 2\varphi_i \sin 2\omega}{t_i'^2}\right) d\omega$$

és az integrálást elvégezve, a lehetséges egyszerűsítések után

$$\overline{\mu_{iII}} = e \sqrt{\frac{1}{2 t_i''^2} - \frac{\cos \varphi_i}{t_i'' t_i'} + \frac{1}{2 t_i'^2}}. \tag{9}$$

Ha végül az e valódi külpontossági méretről áttérünk az e_k közepes külpontossági méretre, akkor a φ_i törési szögnek a műszer külpontos felállásából származó középhibája

$$\mu_{iII} = e_k \sqrt{\frac{1}{2 t_i''^2} - \frac{\cos \varphi_i}{t_i'' t_i'} + \frac{1}{2 t_i'^2}}. \tag{10}$$

A P_{i-1} és a P_{i+1} pontok külpontos jelzésének a φ_i törési szögre gyakorolt hatása, illetőleg az ebből származó középhibarész, ha a pontjelzések közepes külpontossági mérete ugyancsak e_k mm, az előbbi megfontolás ismételt alkalmazásával

$$\mu_{iIII} = \frac{e_k}{\sqrt{2}} \frac{1}{t_i''} \quad \text{és} \quad \mu_{iIV} = \frac{e_k}{\sqrt{2}} \cdot \frac{1}{t_i'}. \tag{11}$$

Mind (10), mind (11) nyujtott sokszögvonalak, tehát $\varphi_i = 180°$, továbbá $t_i' = t_i''$ esetében az előadó által közvetlenül felírt (3), illetve (4) egyenletekhez vezet, csak ott $t_i' = t_i''$ helyett d jelölés szerepelt.

A (10) és (11) egyenletek felhasználásával már most a φ_i törési szög teljes középhibájára felírt (1) kifejezés így alakul:

$$\mu_i = \sqrt{\mu_{il}^2 + e_k^2 \left(\frac{1}{2\,t_i''^2} + \frac{1}{2\,t_i'^2} - \frac{\cos\varphi_i}{t_i' t_i''}\right) + \left(\frac{e_k}{\sqrt{2}\cdot t_i''}\right)^2 + \left(\frac{e_k}{\sqrt{2}\cdot t_i'}\right)^2}$$

vagy összevonva

$$\mu_i = \sqrt{\mu_{il}^2 + e^2\left(\frac{1}{t_i''^2} + \frac{1}{t_i'^2} - \frac{\cos\varphi_i}{t_i' t_i''}\right)}, \tag{12}$$

ahol a közepes külpontossági méretet e_k helyett újból az egyszerűbb e-vel jelöltük. Vezessük be továbbá a zárójelben levő kifejezésre az egyszerű τ_i jelölést, tehát

$$\tau_i^2 = \frac{1}{t_i''^2} + \frac{1}{t_i'^2} - \frac{\cos\varphi_i}{t_i' t_i''}, \tag{13}$$

amely minden P_i pontra az előző és a követő oldalak hosszából, valamint a φ_i törésszögből, vagyis a P_i pont viszonylagos helyzetének adataiból könnyen kiszámítható. Ekkor

$$\mu_i = \pm\sqrt{\mu_{il}^2 + e^2\cdot\tau_i^2} \tag{14}$$

és a törési szögnek a külpontos műszerfelállás, valamint a külpontos pontjelzés okozta középhibarésze

$$\mu_{i\tau} = e\cdot\tau_i. \tag{15}$$

Vizsgáljuk ezek után meg, hogy mi a hatása a külpontossági hibáknak a sokszögeléssel meghatározott P_n pont helyzetének bizonytalanságára. Ismeretes, hogy a sokszögeléssel meghatározott P_n pont tetszőleges y irányú μ_y középhibája, ha $\mu_{i-1,i}$-vel jelöljük a sokszögvonal $a_{i-1,i}$ oldalának középhibáját és μ_i-vel a φ_i törési szög teljes középhibáját, $\alpha_{i-1,i}$-vel az $a_{i-1,i}$ oldalnak az y tengelyre merőleges x iránnyal bezárt szögét, x_i-vel és y_i-vel a P_i pont koordinátáit a P_n kezdőpontú derékszögű x, y koordináta rendszerben,

$$\mu_y = \pm\sqrt{\sum_{i=1}^{n}\mu_{i-1,2}^2\cdot\sin^2\alpha_{i-1,i} + \sum_{i=1}^{n-1}\mu_i^2\cdot x_i^2}, \tag{16}$$

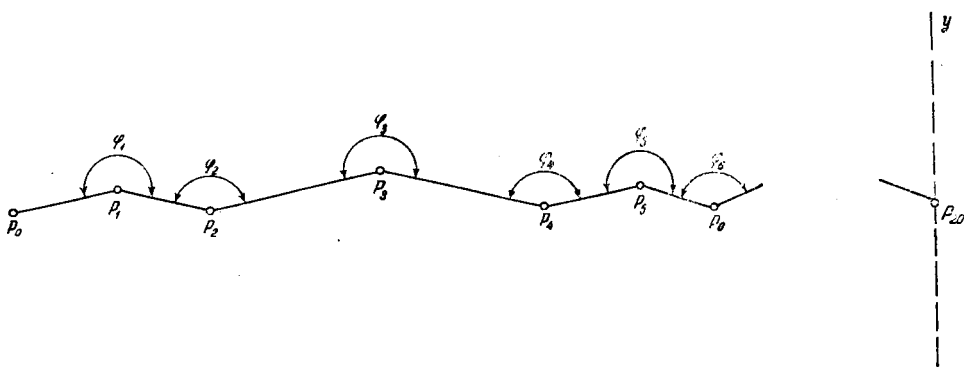
amely eredmény a függvényérték ismeretes középhiba-tételének a szokszögelés alapképleteire való alkalmazásával levezethető (V. ö. Krüger: Beiträge zur Berechnung von Lotabweichungssystemen, 1898).

Itt megjegyzem, hogy a (16)-nak szemléletes geometriai, illetőleg vektoriális tartalma van. Eszerint ugyanis a P_n pont y irányú középhibájának négyzete egyenlő a sokszögoldalak irányában képzelt s a megfelelő oldal középhibájának értékével azonos értékű vektorok y irányú vetületeinek és a P_i pontokon keresztülmenő, az alapsíkra merőleges irányban képzelt, megfelelő indexű törési szögközéphibák értékével azonos értékű vektorok y tengelyre vonatkoztatott statikai nyomatékainak négyzetösszegével.

Megemlítem még azt is, hogy a P_n pont középhibája függ a választott vonatkozási iránytól. Egyszerű matematikai levezetéssel a (16) alapján meg lehet állapítani az adott esetben azt az egymásra merőleges két irányt, amelyekben a P_n pont középhibájának maximuma, illetve minimuma van. E két értéknek megfelelő távolság és irány a P_n pont helyzetének bizonytalanságát jellemző ú. n. hibaellipszis két féltengelye, amelyek segítségével a P_n pont bármily irányú középhibája is könnyen meghatározható. (L. Tárczy-Hornoch: Zur Fehlertheorie der offenen Polygonzüge. A bánya- és kohómérnöki Osztály Közl. 1934. év, 292-297. old.

Alkalmazzuk most a P_n pont középhibájának (16) képletét és a levezetett (15) képletet arra az esetre, amikor kizárólag a külpontos műszerfelállás és a külpontos pontjelzés hatását vesszük számba, amikor tehát

$$\mu_{i-1,i} = 0, \quad \mu_{iI} = 0 \quad \text{és} \quad \mu_{i\tau} = e \cdot \tau_i.$$



3. ábra

Egyszerűség okából válasszuk példaképpen a sokszögvonal összes töréspontjainak számát: $n\text{-}l = 19$-nek, a páros indexszámú $\varphi_2, \varphi_4 \ldots$ törési szögeit 165°-nak, a páratlan indexszámú $\varphi_1, \varphi_3 \ldots$ törésszögeit 195°-nak, az 1. és 2., továbbá az 5. és 6., a 9. és 10., a 13. és 14., végül a 17. és 18. sokszögoldalak hosszát egyformán 5 méternek, a többi oldalak hosszát 10 méternek (3. ábra).

Ha ezekkel az adatokkal a P_n pont középhibáját az adott esetben közvetlenül adódó legkedvezőtlenebb, $P_0 P_n$ irányra merőleges irányban keressük, akkor mind a műszerfelállásnak, mind a pontjelzésnek egyenlő $+1$ mm közepes külpontosságát feltételezve

$$\mu_y = \pm 1 \sqrt{\sum_{i=1}^{19} \tau_i^2 x_i^2} = \pm 100 \text{ mm}.$$

Összehasonlításképpen számítsuk ki ugyane sokszögvonal P_n végpontjának ugyancsak y irányú középhibáját, a műszer ± 1 ívmásodperc szögmérési hibáját feltételezve, minden külpontosság kizárásával.

$$\mu_y = \pm \frac{1}{\varrho} \sqrt{\sum_{i=1}^{19} x_i^2} = \pm 1{,}8 \text{ mm}.$$

A két eredmény egybevetése szembeszökően mutatja, hogy a külpontossági hibák hatása rövid sokszögoldalak esetében — sokszorosan nagyobb a szögmérő műszer mérési hibájának hatásánál. Ezért a külpontos felállás és külpontos pontjelzés káros hatását rövid oldalhosszú sokszögeléseknél, így bányaméréseknél és általában földalatti méréseknél mindenképpen ki kell küszöbölni. Erre kiválóan alkalmas a kényszerközpontosítás céljára az előadó *Tárczy-Hornoch Antal* által szerkesztett és javasolt »*forgóhüvelyes kényszerközpontosító szögszorzó műszertalp*«, mert ez az eszköz, illetőleg a vele végrehajtható mérési módszer

1. a külpontossági hibák hatását még 2 méteres rövid oldalhosszaknál is a műszer szögmérési hibájának hatása alá szorítja,

2. lehetővé teszi a szorzó szögmérést az egyébként csak egyszerű, vagy ismétlő rendszerű műszerekkel is, ha arra különleges okokból szükség van,

3. egyszerű és szabatos szerkezeti megoldása folytán olcsón és könnyen gyártható,

4. az alsó geodéziai mérések céljára szolgáló szögmérő műszert — ha ilyen, másodpercek alatt cserélhető szögszorzó műszertalppal is felszereljük — univerzális jellegű szögmérő műszerré teszi. amennyiben a műszer földalatti mérések céljára is kiválóan alkalmassá válik.

Tisztelettel javaslom ezért: ajánlja az Akadémia a magyar műszergyáraknak, hogy a jövőben szerkesztendő alsó geodéziai szögmérő műszereket általában két, egymással cserélhető műszertalppal, éspedig egy egyszerű (fix) műszertalppal és egy szögszorzó műszertalppal lássák el.

NEUBERT K. professzor (Bergakademie Freiberg)

A kényszerközpontosításnak különösen a földalatti bányatérségekben igen kedvezőtlen körülmények között való irányátvitel esetében van fokozott jelentősége. Ilyenek állanak elő: 1. meglehetősen hosszú nyitott poligonok esetében nagyon pontos áttörési követelményeknél, vagy 2. igen rövid poligonhosszak, vagy 3. igen meredek irányzások esetében. A Hornoch professzor által feltalált forgóhüvelyes kényszerközpontosítás messzemenően teljesíti azokat a magas követelményeket, amelyeket ilyen mérésektől megkívánunk. Most Hornoch professzor ezen túlmenően egy igen figyelemreméltó javítást javasol, amelynél az eddigi háromtengelyű műszerrendszert egy kéttengelyűvel helyettesíti olyképen, hogy a szögszorzó teodolit limbustengelyét használja fel a külpontossági hibák kiküszöbölésére.

Eversman vizsgálatai szerint a hengerhüvelyes kényszerközpontosításoknál $\pm 0{,}2$ mm-es külpontossági hibával kell számolnunk. Több évig használatban lévő műszereknél saját megállapításunk szerint $\pm 0{,}4$ mm-ig terjedő eltérések is előfordulnak. Mindezek a hibák Hornoch professzor új szerkesztménye útján egyszerűen ártalmatlanná tehetők.

Amíg a fentemlített újítás a legmesszebbmenő követelményeknek is eleget tud tenni, addig a bányabeli nagypontosságú mérések mellett újabb időben a rövid időközökben és hegynyomás mellett megismétlendő gyors mérések is az érdeklődés előterébe kerültek. A teljesítménybérek kiszámítására a Német Demokratikus Köztársaságban az egyes vájárok által kitermelt köbméterek szolgálnak. Amíg régebben minden egyes munkahelyre egy átlagot számítottak s így a kevésbbé kiváló a kiváló kárára magasabb bért kapott, addig a progresszív

bérezés bevezetésével csak az élvezze a fölfelé gyakorlatilag el nem határolt magas bért, aki a fokozott teljesítményt valóban teljesítette. Minthogy az eddigi üzemi teljesítménymegállapításoknál nagy különbségek mutatkoznak a ténylegesen teljesített és a kimutatott köbméterek között, elrendeltetett, hogy a teljesítmény kiszámításához a bányamérés adatait is fel kell használni. Ha az üzemi megállapítás több mint 5%-kal tér el a bányamérőitől, ebben az esetben az utóbbi az irányadó. Napjainkig a 10 naponkénti bányamérői megállapítás alakult ki, de tervbe van véve, hogy az ellenőrzések még rövidebb időközökben történjenek úgy, hogy a munkateljesítményeket még rövidebb idő alatt is bérezni lehessen. Az ilyen méréseknél különösen kedvezőtlen körülményt jelent az, hogy a munkahelyeken csaknem megszakítás nélkül dolgoznak, úgyhogy a méréseket a fejtési munkák alatt kell elvégezni.

Az ilyen kiegészítő mérésekre szolgáló műszer az ú. n. függőteodolit, amelyet a Freiberger Präzisionsmechanik (a Hildebrand-cég utódja) újabban egy régi perces leolvasási pontossággal hoz forgalomba és amely műszer ismertnek tételezhető fel. Ezt a teodolitot egy csapszegre helyezzük, ami által kényszerközpontosítást érünk el. Eddig úgy jártak el, hogy az alsó és a felső vágatokban a fejtési hely közelébe vitt főpoligonok megfelelő pontjai közé egy beillesztett poligont helyeztek. Ennek a módszernek három hátránya van : 1. a számítás hosszabb, mint ha egy tájékozott oldalból indulnánk ki ; 2. a mérés befejezése után nincs az ellenőrzésre lehetőség ; 3. a főpoligon utolsó pontjait a főtében rögzíteni kell, amihez idő szükséges.

Ezeket a hátrányokat a következőképen küszöbölhetjük ki.

Hogy a freibergi prizmás oldalkarok által meghatározott főirányokról a függőteodolit csavaros csapszegével való kényszerközpontosításra könnyen át lehessen térni, a következő vizsgálatot végeztük : a főirányok rögzített pontjaiban a prizmás oldalkarokat az oldalkar ütköztetőjéig többször ki- és becsavartuk. A főtén rögzített pontokhoz viszonyítva csak kis eltérések mutatkoztak s a szögmérésben 3—13 m-es rövid oldalak esetében is, csak 30"-es nagyságrendű eltérések jelentkeztek az eredetileg mért szögértékekhez viszonyítva. Ezen megállapítás értelmében a főirányok végső sokszögpontjainak rögzítése elmaradhat annyival is inkább, minthogy a fejtések következtében keletkező pontvándorlások ezeknél a pontatlanságoknál nagyobb.

A prizmás oldalkarok által meghatározott főirányokról a csavaros csapszeggel való kényszerközpontosításra való átmenetelt egy, a freibergi prizmára reátolható kengyelalakú készülék könnyíti meg, amelynél a teodolit és a függőteodolit középpontja a tér ugyanazon pontjába kerül. Szerkezeti okokból azonban —, hogy a kengyel ne legyen túl nagy — megelégszünk a vízszintesvetületi egybeeséssel, azaz a függőteodolit középpontja a teodolitnál valamivel mélyebbre kerül. Ezt a konstans eltérést csak a magasságmérés kezdetén és végén kell tekintetbe vennünk. A függőteodolit centrikus helyzetéről a kengyelen bármikor egyszerűen úgy győződhetünk meg, hogy a kengyel felső csapjára egy hüvelyt helyezünk, amelyről egy vékony láncon egy függélyező lóg le. Helyes helyzetben a függélyező hegyének pontosan a freibergi prizma hegye fölött kell lenni.

A kiegészítő mérést most a következőképen végezzük el. Az első vágatban két prizmás oldalkart az ütköztetőig becsavarunk s a fejtési hely felé eső prizmára egy kengyelt helyezünk. A hátrafelé való irányzás a második prizmahegyre, az előre irányzás a csavaros csapszegről lelógó gömböcskére történik. Ez a művelet igen gyorsan és úgy végezhető, hogy pl. az 500 tonnás napi teljesítményű fejtési helyen a szállítást meg sem kell szakítani. Ezt az eljárást a

kiegészítő mérés lezárásakor még kell ismételni, míg a közbenső pontokban a könnyen szállítható csapszegeket használjuk. Az irányban elért pontosságot a sokszögmenet végén azonnal a bányában ellenőrizhetjük.

Kedvező oldalviszonyok mellett olyan pontmeghatározásokat érhetünk el, amelyek a kiegészítő mérések többi mérési hibái mellett is a kiszámítandó köbméterek pontosságát $\pm 2\%$-ig biztosítani tudják. Kedvezőtlen körülmények mellett, szabálytalan és kisfejtési helyek esetében a legfeljebb 5%-os hibát a több szeletben való fejtésnél is be lehet tartani. A tapasztalat azt mutatta, hogy ezzel a mozgékony és gyorsan lebonyolítható módszerrel eddig valamennyi üzemi követelménynek meg lehetett felelni. Ennek a szigorú ellenőrzésnek — viszonyítva az eddigi üzemi megállapításokhoz — megvan gazdasági téren is a maga előnye, mert a valóságban hiányzó köbméterek számát messzemenően leszoríthatja. Ezáltal a teljesítmények is emelkednek, minthogy csökkent a remény arra, hogy a ténylegesen nem teljesített köbmétereket megfizessék.

HARMADRENDŰ HÁROMSZÖGELÉSI HÁLÓZATBÓL LEVEZETETT ELSŐRENDŰ HÁLÓZAT

REGŐCZI EMIL

A kultúra és az ember viszonya sajátságos. Az ember legnagyobb alkotása a kultúra. Viszont a kultúra az ember legnagyobb nevelője. Gondolkozásunkat, cselekedeteinket ez a nevelés vonta ki az ősi ösztönök korlátlan uralma alól.

A kultúra egyes mozzanatai szerteágazók, egységbe bajosan foglalhatók. De az egymáson keresztül-kasul törő sok szál mindegyike bizonyos mértékig jellemző az egészre. Egy ilyen szál a *takarékosság* is. Az ösztönös szükségletek személyes, vad kielégítésének idejéből a kollektivizmus korába vezet.

Ősünk takarékossága és a zsákmányt elrejtő állat éhségfélelme között aligha volt lényeges különbség. Az egyénnek ezt az önérdekű tevékenységét a kultúra alakította több személy érdekében történővé. Ma már az élet egyéni és társadalmi igényei között levő ellentétek lassan elmosódnak. Előbb-utóbb való gyanánt mondhatjuk, hogy a közösségtudat fejlődése az egyén takarékosságát közvetlenül az ország szolgálatába állította. A jövő végtelenjében pedig talán már véges szám jelzi azt az időpontot, amikor ez a közösségtudat átcsap a határokon és elborítja az egész Földet.

A kultúra fejlődésével arányosan tökéletesedett az emberi élettevékenység színhelyének az ábrázolása is. Szinte azt mondhatjuk, hogy az emberi agy csiszolódásával együtt finomodott a Földnek és részeinek a képe. Ennek a képnek a vázát a felsőgeodézia szolgáltatja

A háromszögelési hálózatok már túljutottak az országhatárokon. Kontinensdarabokat kötnek össze. A gazdasági szükséglet nagyobb hajtóerőnek bizonyult, mint a közösségtudat : a geodézia megelőzte az eszmét.

Kontinentális háromszögelési hálózatok létesítése ma már lényegében kiegyenlítési feladat. Kiváló elmék munkálkodnak rajta. Remeklésükben gyönyörködve ötlött az eszembe, nem lehetne-e nagy hálózatokat összefűző gondolatuk segítségével takarékosan országos hálózatot létesíteni. Megpróbáltam. Legyen szabad a feladatot szülő körülményeket és a megoldás felé törekvő gondolatmenetet vázolnom.

Ismeretes, hogy a felsőrendű háromszögelési hálózatok lépcsőzetesen készülnek. Országos háromszögelésünk munkálataiban az első-, másod- és harmadrendű hálózatot nevezzük felsőrendűnek.

A felsőrendű pontokon általában állványos gúlát építünk. Ha a kiválasztott hely közelében megfelelő épülettorony van, azt használjuk.

Gúláinkat fenyőfából készítjük. Nehezen beszerezhető, értékes anyag. Vizsgáljuk meg, jól gazdálkodunk-e vele.

Világszerte az a szokás, hogy az állványos gúla azon a ponton pusztul el, amelyiken épült. Az utolsó szögbeveréstől az utolsó szögmérésig sok idő telik el. Gyakran több mint a gúla élettartama. A gúla élete nem változatos. Hosszú várakozásokból áll. Az elsőrendű észlelés befejezése után senki sem törődik vele, mindaddig, amíg az alacsonyabbrendű (másod- vagy harmadrendű) háromszögelés azon a vidéken meg nem kezdődik. Ez pedig hosszú idő, mert az alacsonyabbrendű háromszögelés általában csak akkor indul meg, mikor a magasabbrendű az ország egész területén (vagy egy nagy egységet alkotó részén) már elkészült. A gúla lazul, korhad és bizony gyakran előfordul, hogy az alacsonyabbrendű háromszögeléshez újat kell helyette építeni.

Az állványos gúla két főrészből áll : a *műszerállványból* és az *észlelőállványból*. A műszerállványra helyezzük a teodolitot, az észlelőállványon pedig a szögmérést végző személy (az észlelő) tartózkodik. A két állvány nem érintkezik egymással.

Az anyagszükséglet nagyságának jellemzésére megemlítjük, hogy jelenleg folyó felsőrendű háromszögelési munkálatainkban eddig 90 elsőrendű és 180 másodrendű pontot létesítettünk, Közülük 94 torony, a többi gúla. Ha a gúlák műszerállványának magasságát összeadjuk, 2377 métert kapunk. Az észlelőállványok magasságának összege pedig 3356 m. Építésükhöz 2250 m^3 fát használtunk el. Pedig ez a hálózat hazánknak csak mintegy 40%-át borítja és még egyetlen harmadrendű pont sincs benne. Ahhoz, hogy Magyarország kellő sűrű felsőrendű háromszögelési hálózattal legyen befedve, 160 elsőrendű, 460 másodrendű és 2400 harmadrendű pont kell. Az említettek alapján nem nehéz a felépítésükhöz szükséges anyag mennyiségét elképzelnünk.

Az anyaggal való helyes gazdálkodás és a munka tovahaladó jellege már régebben arra ösztönözte a mérnököket, hogy szétszedhető, többször felállítható gúlákat szerkesszenek. Fából készült nagyobb állványos gúlát szállítani és többször, kellő mereven összeállítani nehéz. Ezért a figyelem a vasra terelődött. Ez a megoldás azért is előnyösnek látszik, mert a fa alkatrészek előbb-utóbb tönkremennek, a vas azonban szinte számtalanszor használható.

Az 1926-ban kezdődött és befejezettnek még ma sem mondható kísérletekből azonban azt látjuk, hogy vasállványos gúlán felsőrendű szögmérést csak ritkán előforduló, különleges légköri viszonyok között lehet végezni. Ugyanis egyoldalú hőhatásra, illetve hőmérsékletváltozásra a műszerállvány olyan jellegű elfordulást végez, hogy a mozgásból származó hiba a mérés eredményéből semmiféle módszerrel sem küszöbölhető ki. Nem kevésbbé kedvezőtlen az a tapasztalat sem, hogy a vasszerkezetet már gyenge szél is rezgeti.

Ezek a jelenségek csak a műszerállványon fűrhetetlenek, az észlelőállvány használhatóságát nem veszélyeztetik. Olyan szétszedhető gúlát kell tehát terveznünk, melynek *műszerállványa fából, észlelőállványa pedig vasból* van. A megoldás gyakorlati alkalmazásának azonban határt szab az a már említett körülmény, hogy magas, szétszedhető faállványt igényünket kielégítően összeállítani bajos. Arra kell tehát törekednünk, hogy minél alacsonyabb gúlákat használhassunk.

Két pont összelátását a terep alakulata, a terepen levő tárgyak (fák, építmények) és a Föld felszínének görbültsége akadályozhatja. Ha a pontokat egymáshoz közelítjük, vagyis rövidebb oldalú háromszögeket alkalmazunk, akkor az összelátást kisebb gúlákkal biztosíthatjuk, mert az irányvonallal jobban követhetjük a domborzatot, könnyebben elkerülhetjük a zavaró tereptárgyakat és a földgörbület hatása is lényegesen kisebb.

Most pihenjünk egyet általános megoldást kereső útunkon és nézzük meg közben a magyar felsőrendű háromszögelést.

A történelmivé korosodott munkálatokat átlapozva, az 1860-as évszámon akad meg a szemünk. Akkor született az a felsőrendű hálózat, amelyik még ma is él, annak ellenére, hogy teljesen ki sem fejlődött. Mondanunk sem kell, hogy ma már — külföldi kortársaival együtt — megöregedett, elavult. Mégis ennek a hálózatnak az alapján kell kielégítenünk a technikai fejlődés minőségi szempontból is állandóan növekvő igényeit. Pedig gyakorlati és tudományos szükséglettől kényszerítve a Háromszögelő Hivatal már 1925-ben új felsőrendű háromszögelési hálózat készítésébe kezdett.

Azt tervezték, hogy az egész országot átlag 30 km hosszú oldalú elsőrendű háromszögekkel borítják. Minden elsőrendű háromszög súlypontja közelébe egy-egy másodrendű pontot tesznek, a harmadrendű pontokat pedig úgy helyezik el, hogy a felsőrendű pontok átlag 7—8 kilométerre legyenek egymástól.

A második világháborúig az első- és másodrendű hálózat helyszíni munkálatainak mintegy 80%-a elkészült. A harmadrendű hálózaté meg sem kezdődött.

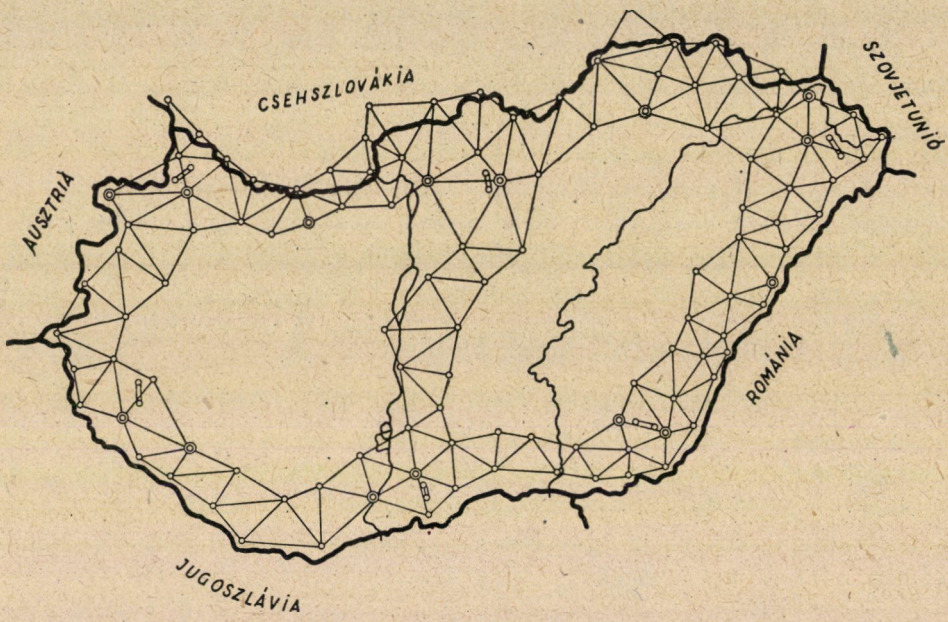
1945 tavaszán a háborús események következtében, az új hálózat valamennyi munkarésze és vele együtt még a régi hálózat adatainak egy jelentékeny része is elpusztult.

Az ország gazdasági alapjának átalakítása, a hatalmas méreteket öltött sokféle építés nem végezhető el geodéziai munkálatok nélkül. Az állami feladatok körének nagyfokú bővülése, a tervszerűség fokozatos megvalósítása *követelménnyé* fokozta azt a régi *célszerűséget*, hogy mindent, amit az ország területén a természet és az ember alkotott, egységes geodéziai alapon ábrázoljunk, amit pedig alkotni akarunk, ezen az alapon tervezzük.

Korszerű felsőrendű háromszöghálózatra tehát ma még nagyobb szükségünk van, mint régen volt. Ez a felismerés indította meg 1949-ben új háromszögelési munkálatainkat.

Lényegében most is ugyanolyan felsőrendű hálózatot akarunk készíteni, mint amilyet 1925-ben terveztek, de más úton. Az ország határa mentén elsőrendű háromszögláncolatot vezetünk és ennek a láncolatnak északi és déli vonalát a Duna—Tisza közén egy közbenső láncolattal kapcsoljuk össze (ábra). A láncolatok kiegyenlítése után fogjuk a közrefogott két részt felsőrendű hálózattal kitölteni (kitöltő hálózat). A tervezet szerint az első- és másodrendű hálózat együtt készül. Befejezésük után kezdődik a harmadrendű hálózat kifejlesztése.

Ez a hatalmas munka csak évtizedek alatt hajtható végre. Pedig elvégzése sürgős. Nemcsak azért, mert a feladat fontos gazdasági szükségletből fakadt, hanem azért is, mert a késedelem felesleges kiadást okoz. Hisz most is állandóan



kell alsórendű háromszögelést végeznünk, annak ellenére, hogy a régi hálózatból számított koordináták az új felsőrendű hálózat elkészülte után lomtárba kerülnek. Sürgeti a gyors végrehajtást a láncolat pontjain levő állványos gúlák korlátolt élettartama is.

Mi lassítja a munkát? A hatalmas gúlák építése (sőt többször való felépítése), továbbá az első- és másodrendű szögmérés nehézkessége. (Egy elsőrendű pont észlelése 3—4 hétig, egy másodrendűé átlag 2 hétig tart.) Mindkét lassító tényezőt kiküszöböljük, ha a nagy háromszögek helyett *kis háromszögeket* alkalmazunk. Ekkor ugyanis az összelátások alacsonyabb gúlákkal biztosíthatók és így a legtöbb ponton szétszedhető állványos gúlát használhatunk.

Ha a megirányzandó pontok nincsenek 7—8 km-nél távolabb, akkor a szögmérés egy ponton 1—2 nap alatt elvégezhető.

Próbáljuk a kitöltő hálózatot, a felsőrendű háromszögelés eddig követett elvétől eltérve, a következő módon elkészíteni.

A láncolat-kerettel körülzárt területen ne fejlesszünk külön első-, másod- és harmadrendű hálózatot, hanem helyettük egy 7—8 km oldalhosszúságú háromszögekből álló hálózatot építsünk. Mérjük meg a háromszögek valamennyi szögét. Átlós irányokat ne mérjünk. Lényegében tehát a kitöltő hálózatot különlegesen mért harmadrendű hálózatból készítjük. Kellő szabatosságát számítási eljárással kell biztosítanunk.

Úgy vélem, kiválóan alkalmas erre *Hazay István*nak és *Tárczy-Hornoch Antal*nak a nagy (kontinentális) hálózatok kiegyenlítésére kidolgozás alatt álló módszere. [1] Alapgondolata segítségével a különlegesen készült kitöltő hálózatba, pusztán számítással, elsőrendű hálózatot építhetünk.

Ebből a célból hálózatunk egymástól mintegy 30 kilométerre fekvő, uralkodó jellegű pontjaiból háromszöghálózatot képzelünk összeállítva. Egy-egy ilyen képzelt elsőrendű háromszögben levő valamennyi kis háromszöget egy csoportban kiegyenlítve, kiszámítjuk a képzelt elsőrendű háromszög belső szögeit. A számítást valamennyi képzelt háromszögre elvégezve megkapjuk a képzelt hálózat valamennyi szögét. Az így levezetett elsőrendű hálózatot a láncolatkeretben, a keretadta kényszerrel kiegyenlítve megkapjuk a *levezetett elsőrendű pontok* végleges koordinátáit. A levezetett háromszögekbe foglalt többi pontot azután a levezetett elsőrendű pontok kényszerével újból kiegyenlítjük.

A nagyszámú pontot egy egységben kezelő, új számítási eljárás a szomszédos pontok összhangját feltétlenül biztosítja annyira, mint a pontonként történő régi számítási mód. Az egyes csoportok eltolódását pedig a levezetett elsőrendű hálózattal akarjuk megakadályozni.

Elmélet szerint 3 pont egymáshoz viszonyított helyzetét pontosabban határozzuk meg, ha egy háromszöggel kapcsoljuk őket össze, mintha több háromszöget használunk összekötésükre. A *gyakorlatban* azonban ez csak akkor igaz, ha a nagy háromszög szögeit ugyanolyan pontosan mérjük meg, mint a kicsikét. Nézzük meg ezt a kérdést alaposabban.

A szög két irányérték különbsége lévén, vizsgáljuk meg az irányértéknek a mi szempontunkból fontos hibaforrásait.

A pontraállás hibája. Felsőrendű szögek mérésekor a teodolit vagy pilléren, vagy állványos gúla műszerasztalán áll. A pont ott levő jelére a teodolit $\pm$ 1 mm pontosan könnyen ráállítható. Ennél nagyobb hiba származhatik az állandósítási kövön levő végleges pontjelnek a műszerasztalra való vetítéséből,

illetve külpontosan végzett észlelés esetén a külpontosság elemeinek meghatározásából.

A pontjelölés hibája. Elsőrendű szögméréshez a pontot fénnyel jelöljük. A fényvetítőkészülék általában nem helyezhető a műszerálláspontra. Többnyire mintegy 1,5 méterre van tőle, az észlelőállványhoz erősített deszkán, a mérendő irányban. A pontjelölést tehát bizonytalanná teszi a kihelyezés, az észlelőállvány nem merev volta és az a körülmény, hogy a fényvetítőkészülék helyes felállítása (függőlegesség, pontraállás), a mérés időpontjában általunk nem ellenőrizhető személy ügyességétől és lelkiismeretességétől függ. A pontjelölés bizonytalanságát legalább ± 1 cm-re becsülhetjük.

Másodrendű pontokon a gúlafőt irányozzuk. A pontjel egy 60×60 cm keresztmetszetű négyzetes hasáb felső lapjának a középpontja. Ezt a pontot a hasábból kinyúló rúd pontosabban is megjelöli. A másodrendű irányok többnyire 15—20 km hosszúak. Ily távolról a rúd csak kivételes látási viszonyok között látszik. Helyette a hasáb felső szélének közepét irányozzuk. Ha a hasáb felénk fordított két oldala közül az egyikre nap süt, a másik pedig árnyékban van és a háttér kedvezőtlen, a távcsőben csak az egyik oldal képe látható. Irányzáskor természetesen ezt felezzük. Lényegében ez is pontjelölési hiba. Nagysága szélső esetben 22 cm lehet.*

Természetesen a végleges pontjel és a megirányzásra szolgáló jel (ideiglenes pontjel) viszonylagos helyzetét sem ismerhetjük tökéletesen. A bizonytalanság ugyancsak pontjelölési hiba.

A pontraállás és a pontjelölés hibájának a tovaterjedését megakadályozhatjuk, ha az ideiglenes pontjelet pontosan a műszerálláspontra helyezzük. *Vagyis a kényszerközpontosítás elvét a felsőrendű háromszögelésben is alkalmazni kell.* A munka természete miatt nem gondolhatunk olyan pontos készülékekre, mint amilyeneket a szabatos sokszögeléshez szerkesztettek. Ha azonban a háromszögek oldala csak 7—8 km, akkor a feladat 1—2 mm pontosan könnyen megoldható.

Bár a pontraállás és pontjelölés hibája egy ponton szabályos szöghibát okoz, a háromszögelési hálózatban hatása véletlen jellegűvé válik. Kis háromszögeket alkalmazva növeljük a pontok számát és csökkenthetjük a hibák nagyságát. Mindkét körülmény előnyös az említett hibák véletlen jellegűvé alakulása szempontjából.

A szögmérés pontosságának a *levegő optikai tulajdonságai* szabnak határt. Mérésünk eredményét elsősorban a refrakció vízszintes irányú összetevője

* Egyoldalú világítás esetén is előtünik a hasáb mindkét oldala, ha a hasábot a felső szélével párhuzamosan felezzük és az így kapott egyik felét feketére, a másikat fehérre festjük. A két különböző színü részből álló lépcsős és aszimmetrikus kép megirányzása azonban bizonytalan.

(oldalrefrakció) befolyásolja. Az irodalom szerint értéke főként a légköri viszonyoktól, a terep alakulatától és az irányvonal hosszától függ.

Az észlelés egy elsőrendű ponton 3—4 hétig tart. Minthogy ugyanazt a szöget különböző napokon és különböző napszakokban (délután és éjjel) mérjük, a légköri viszonyoknak az oldalrefrakcióra gyakorolt hatását véletlen jellegűnek szokták tekinteni. Azt hiszem, hogy ez a megállapítás nem egészen helyes. A légkör állapotának jellemzői közül ugyanis a refrakcióra legnagyobb hatása a függőleges hőmérsékleti gradiensnek van. Ennek napi változása nagy általánosságban szabályosnak mondható. Minthogy elsőrendű észlelésre többnyire a napnak ugyanaz az órája alkalmas, könnyen lehetséges, hogy méréseink alatt a gradiens ugyanolyan értékű. Növeli ennek a valószínűségét az a körülmény, hogy a mérésre alkalmas időt idegrendszerünk segítségével választjuk ki. A választás tehát egyéni jellegű és természetes, hogy következetesen ugyanolyan, vagy legalább is hasonló körülményeket minősítünk szögmérésre kedvezőnek. A természetadta változatosság érvényesülését egyéniségünk korlátozza.

A terepalakulat egy-egy irány mentén állandó. Ha tehát egy szöget mérünk meg, a terepnek az oldalrefrakcióra hatása szabályos jellegű. Az elsőrendű pontokon azonban minden kombinációban való szögmérést végezünk. Egy szög végleges értékét tehát a pontról kiágazó valamennyi mérendő irány mentén levő terepalakulat befolyásolja.

A javasolt kis háromszögeket alkalmazva, más körülményeket látunk. Képzeljük, hogy egy 30 km hosszú oldalakkal határolt elsőrendű háromszöget 7,5 km-es oldalú háromszögekre bontunk.

7,5 km távol levő pontjelet csaknem minden nap jól tudunk irányozni. (Többnyire nemcsak a napnyugta előtti órákban, hanem a napkelte utáni 1—2 órában is.) Ezért az egyén időjárásbíráló szerepe jelentéktelenné válik. Igaz viszont, ha egy pont észlelését egy-két nap alatt elvégezzük, feltételezhető, hogy esetleg valamennyi ismétlést ugyanolyan légköri viszonyok között mértük. Ennek a valószínűségét azonban csökkenti az a körülmény, hogy a mérésre alkalmas idő napi tartama rövid irányok esetén elég hosszú és így a hőmérsékleti gradiensnek, valamint a légkör egyéb jellemzőinek megváltozására több a lehetőség. Egyébként kétségtelen, hogy ha 3 pont relatív helyzetének meghatározása végett 15 ponton 48 szöget mérünk meg, akkor sokkal többféle állapotú levegőnek és sokkal többféle terepalakulatnak a hatása kerül mérésünk eredményébe, mintha csak a 3 ponton végzünk szögmérést. Ha ezt kiegészítjük azzal, hogy az oldalrefrakció abszolút értéke kis távolságra kisebb mint nagyra, azt mondhatjuk, hogy az a szabályos jellegű hiba, amit nagy háromszögekben az oldalrefrakció okoz, kis háromszögekből szőtt hálózatban véletlen jellegűvé válhatik.

A felsorolt hibák hatása háromszögelésünk eredményében együttesen jelentkezik. Hasonlítsuk össze a különböző nagyságú háromszögek szögzárlati hibáját.

I. TÁBLÁZAT

A háromszögek szögzárlati hibái abszolút értékének átlaga
(Az 1. rovat adatait kilométerben, a 2. és 3. rovatát másodpercben tüntettük fel)

1	Átlagos oldalhossz	8	15	20	25	30	35
2	I-rendű	0,354±0,053	0,418±0,085	0,605±0,133	0,788±	0,711±0,094	1,114±0,134
3	II-rendű	0,80±0,097	1,14±0,090	1,45±0,138	1,36±0,210		

Az I. táblázatot az Országos Földméréstani Intézet munkálataiból vett 270 háromszög adataiból állítottuk össze. A méréseket 12 személy végezte. Az »I-rendű«-vel jelölt rovatban levő adatok az elsőrendű szögmérés szabályai szerint végzett háromszögelési munkálatokból származnak. A felhasznált szögértékek súlya 24. A »II-rendű« rovat az országos másodrendű háromszögelés munkálataiból készült. A mért szögértékek súlya 4. Megjegyezzük, hogy a súlyegység egy szögnek két távcsőállásban egyszer való megmérése.

Annak, hogy a másodrendű háromszögek átlagos szögzárlati hibája lényegesen nagyobb az elsőrendűekénél, nemcsak a mért szögértékek súlyának különbsége az oka. Jelentékenyen hozzájárul ahhoz a kétféle hálózatban használt pontjelek szabatosságának különbözősége is.

A táblázatból megállapíthatjuk, hogy a nagy háromszögek szögzárlati hibájá általában nagyobb a kisebbekénél.

Az I. táblázathoz felhasznált háromszögekből nagyságcsoportok szerint összeállított hálózatok Ferrero-féle szögközéphibáját a II. táblázatban láthatjuk.

II. TÁBLÁZAT

Ferrero-féle szögközéphiba
(Az 1. rovat adatai km-ben, a 2. és 3. rovatban közöltek másodpercben értendők)

1	Átlagos oldalhossz	8	15	20	25	30	35
2	I-rendű	0,244	0,290	0,477	0,550	0,627	0,730
3	II-rendű	0,55	0,78	0,98	0,90	—	—

Megállapíthatjuk, hogy nagyobb háromszögekből álló hálózatokhoz általában nagyobb szögközéphiba tartozik.

A két táblázatból tehát azt következtethetjük, hogy rövid irányokat pontosabban tudunk mérni, mint hosszúakat. (A »rövid« és »hosszú« fogalmát természetesen a felsőrendű háromszögelés méreteihez szabjuk.)

Meg kell vizsgálnunk azt is, hogy az említett kis háromszögekből levezetett elsőrendű háromszöghálózat szögeitől milyen pontosságot várhatunk. Feladatunk lényege: megállapítandó, mennyivel csökken egy 30 kilométeres irány pontossága, ha nem közvetlenül mérjük meg, hanem a távolságot 4 részre osztva, az egyes osztáspontokon végzett szögmérésekből vezetjük le.

A hiba terjedését illetően a felosztott 30 kilométeres háromszögoldalt 4 egyenlő oldalból álló, csak egyik végén tájékozott, nyujtott sokszögmenetnek tekinthetjük. A sokszögmenet valamennyi törésszögét $\pm \mu$ középhibával mértük meg. A végpontra vonatkozó elcsavarodási középhiba [2]

$$\mu_{cs} = \pm \frac{\mu}{\varrho} \sqrt{S^2 + (S-s)^2 + (S-2s)^2 + (S-3s)^2},$$

ahol S a sokszögmenet hossza, s pedig az egyes sokszögoldalak hossza.

Esetünkben

$$\mu_{cs} = \pm \frac{\mu}{\varrho} \sqrt{4^2 + 3^2 + 2^2 + 1^2}.$$

A 30 kilométeres irány középhibája

$$\mu_i = \pm \mu \sqrt{\frac{4^2 + 3^2 + 2^2 + 1^2}{16}} = \pm \mu \sqrt{\frac{15}{8}}.$$

A szögközéphiba pedig

$$\mu_{sz} = \pm \mu \sqrt{\frac{15}{4}} = \pm 1{,}94\ \mu \sim \pm 2\mu.$$

Behelyettesítve képletünkbe a 8 km átlagos oldalhosszúságú háromszögek szögzárlati hibájából számított Ferrero-féle szögközéphibát (II. táblázat)

$$\mu_{sz} = \pm 0{,}49''.$$

Eszerint a levezetett elsőrendű hálózat szögei pontosabbak, mint a közvetlenül mért elsőrendű hálózaté ($\mu_{sz} = \pm 0{,}63''$). Pedig vizsgálatunkban nem vettük figyelembe, hogy a levezetés kiegyenlítéssel történik, aminek középhibát csökkentő hatása legalább 30 százalékra becsülhető. Kényszerközpontosítást alkalmazva a pontosság még fokozható.

Vizsgálatunk alapján kiszámítható, hogy a leírt módon megfelelő pontosságú elsőrendű hálózatot vezethetünk le kis háromszögeinkből már akkor is, ha a szögmérés súlya 12. Az így készült felsőrendű hálózat megfelel a tudományos és gyakorlati követelményeknek. Ezek a követelmények azonban szét is választhatók! Ha a kétségtelenül magas tudományos igényt más módon ki tudjuk elégíteni, akkor a szögmérést elegendő kisebb súllyal végezni.

Munkánk végső gyakorlati célja a harmadrendű háromszögelési hálózat. A megkezdett munka tervezete szerint az elsőrendű hálózatból másodrendű hálózatot fejlesztünk. Már szóltunk arról, hogy ennek pontossága lényegesen kisebb mint az elsőrendűé (I. és II. táblázat). Az így keletkezett hálózatból készülnek azután négyszeri ismétléssel való iránymméréssel (szögsúly 2) a harmadrendű pontok. Ha ez a hálózat az életnek megfelel, akkor gyakorlati szempontból nincs szükség arra, hogy a javasolt háromszöghálózat szögeit 12—24 súllyal mérjük meg.

A magyar felsőrendű háromszögelési hálózat iránt támasztott tudományos követelmények kielégítését az ábrán bemutatott láncolatkerettel biztosítani tudjuk. Tehát a kitöltő hálózatban a szögmérések ismétlésének számát a gyakorlati igényekhez mérve állapíthatjuk meg.

A várható fejlődésre tekintettel feltételül szabhatjuk, hogy a kitöltő hálózat szomszédos pontjai között a szögmérésből 6 cm-nél nagyobb hiba ne keletkezzék, vagyis az ebből származó legnagyobb koordináta középhiba legfeljebb $\pm$ 2 cm legyen. 7,5 km átlagos oldalhosszal számolva ez azt jelenti, hogy a szögközéphiba legfeljebb $\pm$ 0,55″ lehet.

Minthogy a II. táblázat szerint a 24 súllyal mért szögű, 8 km oldalú hálózat szögközéphibája $\pm$ 0,244″ az előbbi bekezdésben meghatározott feltétel kielégítéséhez a szögeket 5 súllyal kell mérni. Tehát iránymérés esetén elég tízszer ismételni.

Vizsgálatunkból azt az általános következtetést vonhatjuk, hogy országos felsőrendű háromszögelési hálózatot a jelenleg követett eljárásnál takarékosabban kétféle módon létesíthetünk.

1. *Az országot 30 km átlagos oldalhosszúságú elsőrendű láncolatokkal hálózzuk be és ezt a keretet 7—8 kilométeres oldalú háromszögekből álló hálózattal töltjük ki. A kitöltő hálózat pontjain a pontossági igényeknek megfelelő számú ismétléssel iránymérést végzünk.*

2. *Nem készítünk keretláncolatokat sem, hanem az egész hálózatot kis háromszögekből állítjuk össze. Az iránymérések ismétlésének számát a pontossági feltétel alapján határozzuk meg.*

Mindkét esetben a kis háromszögekből álló hálózatból az említett Hazay—Tárczy módszerrel elsőrendű hálózatot vezetünk le.

A magyarországi felsőrendű háromszögelési hálózat elkészítésére az 1-gyel jelölt mód látszik legcélszerűbbnek. Ezt alkalmazva, felsőrendű hálózatunk 13 millió forinttal kevesebbe kerül és sokkal rövidebb idő alatt készíthető el, mint a tervezett, jelenleg általánosan használt eljárással.

A megszokott 30 kilométeres háromszögek helyett, 7—8 km oldalú háromszögekből kiindulni, nagy ugrás. Önkéntelenül is közbenső megoldásra gondolunk. Létesítsünk az említett módon, 15 km oldalú háromszögekből alaphálózatot és vezessünk le belőle a Hazay—Tárczy-módszerrel elsőrendű hálózatot. A kiegyenlített alaphálózatot azután töltsük ki a régi módon harmadrendű pontokkal.

Vizsgáljuk meg a hiba terjedését!

$$\mu_i = \pm \mu \sqrt{\frac{2^2 + 1^2}{2^2}}$$

$$\mu_{sz} = \pm \mu \sqrt{\frac{5}{2}} = \pm 1{,}58\ \mu \sim \pm 1{,}6\ \mu.$$

Behelyettesítve a II. táblázatban közölt, 15 km átlagos oldalhosszra vonatkozó szögközéphibát ($\pm$ 0,29″)

$$\mu_{sz} = \pm 0{,}46''.$$

Eszerint a levezetett elsőrendű hálózat ugyanolyan pontos, mint a 8 km átlagos oldalhosszúságú háromszögekből levezetett.

A takarékosságot mérlegelve, a kar az 1. és 2.-vel jelölt eljárás javára billen.

A 15 kilométeres alaphálózat egy-egy pontján az észlelés lényegesen tovább tart, mint a 8 kilométeresén, mert a távolság növekedésével csökken a mérésre alkalmas idő tartama. Ezt az időveszteséget nem nyerjük vissza a harmadrendű pontokon, mert észlelésükhöz még ha kisebb súllyal mérünk is, ugyanannyi *nap* kell, mint egy-egy 8 kilométeres alaphálózati pont észleléséhez. További munkatöbblet származik abból, hogy az alaphálózat pontjain kétszer kell észlelni. Nagyon drágítja és lassítja munkánkat az a körülmény is, hogy ha a pontok 15 kilométerre vannak egymástól, a kényszerközpontosítás már csak fénnyel való pontjelöléssel oldható meg.

A felsőrendű háromszögelési hálózat számítása általában úgy történik, hogy az elsőrendű szögmérések, az alapvonalmérések és a földrajzi helymeghatározások eredményei alapján kiegyenlítjük az elsőrendű hálózatot. A másodrendű pontokat az elsőrendű-, a harmadrendű pontokat pedig az első- és másodrendű pontok között egyenlítjük ki, miközben feltételezzük azt, hogy a magasabbrendű pontok koordinátái az alacsonyabb rendűek számítása szempontjából hibátlanok. Tehát azok a matematikai összefüggések, amelyek az elsőrendű pontok között a másod- és harmadrendű szögmérések eredményéből felírhatók, az elsőrendű hálózat kiegyenlítésében nem szerepelnek. Ezeket a mérési eredményeket az elsőrendű hálózat kiegyenlítésébe azért nem vonjuk bele, mert az együttes kiegyenlítés óriási számítási munkával járna.

A javasolt módon mérve és számítva, ez az elvi hiba kiküszöbölődik, mert minden felsőrendű mérés szerepel az alaphálózat kiegyenlítésében.

Amiről szóltam, messze jövőbe kiható kérdések megoldásával kapcsolatos. Alapos megfontolást, rendszeres előkészítést kíván, mert itt-ott kissé letértem a kitaposott utakról. A megváltozott élet szédítő irama kényszerített rá.

A gazdaságosság és eredményesség titkának kutatása közben örömmel vettem észre, hogy a geodézia életkörülményei is változóban vannak: kezd kiszabadulni a bürokratikus kezelés szűk korlátai közül. Ennek a folyamatnak mielőbbi befejezése javaslatom esetleges megvalósításának előfeltétele.

IRODALOM

1. *Tárczy-Hornoch Antal:* Beszámoló a felsőgeodézia terén folyó vizsgálatokról. (Magyar Tudományos Akadémia Műszaki Tudományok Osztályának Közleményei, 1951. 1. szám.)

2. *Tárczy-Hornoch Antal:* A kiegyenlítő számítás (Sopron, 1950.).

HOZZÁSZÓLÁSOK

REGŐCZI EMIL előadásához

SÉBOR JÁNOS

Erős ütemben fejlődő népgazdaságunk egyre jobban sürgeti műszaki problémáink mielőbbi megoldását. Műszaki létesítményeink : az új gyártelepek, az erősen fejlődő községek és városok egyre inkább szükségessé teszik, hogy pontos térképeink legyenek, amiken az összes tervezési munkákat el lehet végezni. Ahhoz, hogy pontos térképet készíthessünk, szükséges, hogy az egész ország területét megfelelő pontosságú háromszögelési hálózat borítsa be.

Ennek a pontos hálózatnak az elkészítése a szokásos eljárásokkal igen sok időt és költséget igényel. Fejlődő szocializmusunk megtanított bennünket arra, hogy keresnünk kell olyan módszereket, amelyekkel a felmerülő problémáinkat újabb eljárásokkal gazdaságosabban és gyorsabban oldjuk meg.

Előadó egy ilyen újabb eljárást dolgozott ki a meglevő lánchálók közötti területek háromszögelésére. Eljárásának lényege az, hogy az egész háromszögelendő területet egyszerre hálózza be átlagosan 8 km oldalhosszúságú háromszögekkel, tehát kiejti az első- és másodrendű háromszögelési hálózat előzetes mérését. Ezzel igen nagy anyag- és munkamegtakarítást ér el. Hogy a kiegyenlítést korszerűen elvégezhesse, s a hálózat pontosságát biztosíthassa, ezért mintegy 15—16 háromszöget egy-egy csoportba foglal össze, ezekből kiválaszt három megfelelő pontot, amelyek mintegy 30 km távolságra fekszenek egymástól. A kis háromszögek megmért értékeinek kiegyenlítése után kiszámítja a kiválasztott pontokat összekötő háromszögoldalak által közbezárt szögeket. Így elméleti úton kap egy magasabbrendű hálót, amelyet azután a lánchálózat megfelelő pontjai közé kiegyenlítéssel beilleszt. Az így beillesztett pontok közé újból kiegyenlíti a kis háromszögek pontjait. Felmerül az a gondolat, hogy mivel a nagy háromszögek oldalait számítani kell, nem volna-e célszerű minden ilyen több kis háromszögből álló csoportban egy rövid 1 km körüli alapvonalat mérni, ebből levezetni a nagy háromszögek oldalait és ezután a nagy hálót tovább úgy kiegyenlíteni, mintha ott közvetlenül mértük volna meg az oldalakat.

Az egykilométeres rövid alapvonalak mérése nem jelentene nagy munkatöbbletet, mert a mai invardróttal való alapvonalmérés igen pontosan és gyorsan végezhető el. Egy kilométer körüli megfelelő rövid távolság minden kis háromszögcsoportban könnyen található.

Amit az előadó a szögmérés pontosságáról mondott, azt bizonyítja, hogy nagy elméleti tudása mellett nagy gyakorlattal is rendelkezik és gyakorlati mérései alkalmával szerzett tapasztalatait mindig kritika tárgyává tette. Tudja azt, hogy az elméletből mennyi valósítható meg, hogy a mérés megfelelő pontosságú, de egyben gazdaságos legyen. Minden elmélettel foglalkozó geodéta tudja, hogy az elmélet teljesen nem vihető keresztül a gyakorlatban, minden mérésünknél bizonyos fokú közelítéssel dolgozunk. Most már csak az a kérdés merülhet fel, hogy a közelítéssel nem megyünk-e annyira, hogy ez a kívánt pontosság rovására megy. Előadó ezt is megvizsgálta, megállapításai mindenben helytállók, szakszerűen bebizonyította, hogy az általa tervezett eljárással az a pontosság, amit egy országos háromszöghálónál meg kell követelni, teljes mértékben ki van elégítve.

Ilyen nagy munkánál igen fontos kérdés még, hogy vajjon a tervezett munka mennyire gazdaságos? Ezt az előadó szintén jól kifejtette. Bár a kezdeti befektetés nagyobb, mint a régi eljárásnál, de végösszegben igen nagy megtakarítással jár. Ehhez még hozzászámíthatjuk azt a pénzben ki sem fejezhető óriási előnyt, ami abból származik, hogy ezzel az eljárással pár év alatt elérhető az, hogy az egész ország területe megfelelő pontosságú háromszöghálóval hálózható be, amit a régi eljárással csak évtizedekre menő munkával lehetne elérni. Ez feltétlenül a javasolt eljárás kiválóságát és gyakorlati alkalmazhatóságát bizonyítja. Utoljára, de nem utolsó sorban kell rávilágítani arra, hogy a javasolt eljárás milyen nagy famegtakarítással jár. Éppen abban az anyagban, a fában érhető el nagy megtakarítás, aminek a hiányát ma már annyira érezzük és aminek a hiánya az elkövetkezendő időkben még nagyobb lesz.

TÁRCZY-HORNOCH ANTAL akadémikus

Hozzászólásomat jelentősen megkönnyíti az a körülmény, hogy Regőczi elhangzott előadásának alapgondolatát geodéziai albizottságunk egy kiegészített ülés keretében alaposan megvitatta, s az elgondolásnak jelentőségét, továbbá a várható időbeli és anyagi megtakarításnak a mértékét is számszerűen érzékelni igyekezett. Ez utóbbiakra komoly jelentőségük elismerése mellett nem óhajtok kitérni, hiszen fontos támpontokat kaptunk ezekre vonatkozólag magából az előadásból is. A magam részéről azt szeretném kiemelni, hogy a javasolt módszernek nemcsak hazai, hanem ezen túlmenően komoly nemzetközi visszhangja és alkalmazása lehet. Erről az oldalról szeretném Regőczi előadásának alapgondolatait megvilágítani.

A geodézia a vízszintes vetületi méréseinél a kedvező hibahalmozódás elérésére a nagyból a kicsi felé haladt. Innen az országos elsőrendű háromszögelések 30 km-es oldalhosszúsága. A Föld alakjának a kutatásánál a kontinentális hálózatokban azonban még így is oly nagy tömegű háromszög kerül össze, hogy együttes kiegyenlítésük a megszokott módszerekkel gyakorlatilag kivihetetlen. A számítási munka leegyszerűsítésére javasoltuk Hazay Istvánnal együtt kb. 100—150 km hosszú, számított oldalakból álló hálózat bevezetését és kiegyenlítését, mely — itt már a kicsiből a nagy felé menve — használható útnak látszik a kontinentális hálózatok kiegyenlítésének a megoldására. A *kontinentális* hálózatok problémája lebegett előttünk, s egyébre nem gondoltunk.

Regőczi az új *magyar* felsőrendű hálózat égető és sürgető feladatát látta maga előtt, s éles szemmel felismerte, hogy ha lehet a 30 km-es oldalhosszúságú elsőrendű háromszögekből számítás útján 100 km-es oldalhosszúságú közvetlenül meg nem mért magasabbrendű hálózatot létrehozni, úgy éppen így létre lehet hozni magát a 30 km-es oldalhosszúságú elsőrendű hálózatot is csupán számítás útján a harmadrendű hálózatból is. Ebben a felismerésben rejlik Regőczi elgondolásának újszerűsége, eredetisége és alapvetően komoly gyakorlati jelentősége. Itt tehát már a harmadrendű hálózattól kezdve haladunk egyrészt a kicsiből a nagy — az elsőrendű hálózat — felé; másrészt lefelé, a nagyból a kicsi felé, a negyed- és ötödrendű hálózat felé.

Regőczi javasolt módszerét pontossági vizsgálatokkal is alátámasztja. Igen érdekesek és meggyőzőek az I. és II. táblázatának adatai. Mégis, minthogy a további következtetései ezeken alapulnak — ajánlatos lenne még pótlólag tudni, hogy az egyes hosszakra vonatkozó értékek külön-külön hány adatból származnak, vagy a II. táblázat Ferrero-féle szögközéphibáknak maguknak mennyi a középhibája. Ez utóbbiak azonnal bizonyítanák is, mennyire reális

értékek a táblázatoknak az adatai. Így erre csupán az átlagos és középhiba között fennálló 1,2533 viszonyszám megközelítésének mértékéből következtethetünk.

Regőczi a szögmérések hibaforrásainak a vizsgálatánál helyesen ismeri fel a kényszerközpontosítások jelentőségét a felsőrendű háromszögelések tekintetében is. Ezáltal egy érdekes fejlődési folyamat zárul le. A kényszerközpontosítást először a földalatti mérések szűkös helyviszonyai mellett a rövid sokszögvonalaknál a bányamérés alkalmazta kb. 150 évvel ezelőtt. Innen ment át kb. 50 évvel ezelőtt a városi sokszögelésekhez. Háromszögeléseknél először legjobb tudomásunk szerint három évvel ezelőtt a petőfibányai alagút önálló alsórendű háromszöghálójának a mérésénél ajánlottuk, míg mostan Regőczi az általa javasolt felsőrendű háromszöghálózatnál is kívánatosnak tartja: ez a 7—8 km-es oldalhossz mellett valóban könnyen meg is valósítható.

Rá kell mutatni arra is, hogy Regőczi elgondolása a kontinentális hálózatok tekintetében sem jelent nehézséget, amennyiben a számított 30 km-es oldalhosszúságú hálózatból javaslatunknak másodszori alkalmazásával hozzuk létre a 100—150 km oldalhosszúságú számított hálózatot. Ebből a szempontból közömbös, hogy az elsőrendű hálózat közvetlenül mért-e, vagy levezetett; csak a kellő pontossága legyen meg.

Regőczi javaslata bátor és nagyfontosságú kezdeményezés. Biztosra veszem, hogy a kísérletek várakozásait teljes mértékben igazolják.

Akit pedig az újítás hatalmas mértéke zavar, más kiindulásból is eljuthat oda. Az elsőrendű háromszögek oldalait eredetileg átlagosan 50 km-nek vették. A tapasztalat alapján ez már eddig is 30 km-re csökkent. Az újabb tapasztalatok ennek még további csökkentését teszik kívánatossá. Hogy most ebben 15 km-nél, 10 km-nél vagy 7 km-nél állunk meg, az elért pontossági eredmények döntik el. Akkor ezt a hálózatot kell majd *elsőrendűnek* neveznünk, amelyből a még magasabbrendűt kell valamilyen módon, pl. Hazayval együtt tett javaslatunknak megfelelően levezetni. Érzésünk szerint Regőczi javaslata nyomán nemzetközi vonatkozásban egyideig az elsőrendű hálózatban a 10—15 km-es oldalhossz lesz az előtérben.

HOMORÓDI LAJOS

A háromszögelési hálózat létesítésének az előadásban leírt alapelvei újítást jelentenek a háromszögelés klasszikus módszereivel szemben. Mint minden újításnál, két szempontot kell megvizsgálni: minőségben nem marad-e el a régi módszer mögött, másodszor mit nyujt gazdasági téren. A minőség kérdését az előadás idevágó adatai tisztázták. Ezért legyen szabad most pár percre a gazdaságosság kérdése felé fordulni, mivel e téren az előadás igen szerényen szűkszavú volt.

Először is szögezzük le újból, hogy új háromszögelési hálózat létesítése elengedhetetlen szükségesség. Ezzé teszi népgazdaságunk rohamos fejlődése. Nagy ipar- és bányatelepek létesítése alapvető geodéziai munkák elvégzése után indul meg. Ma nem tehetünk egyebet, mint a meglevő, hiányos hálózat valamelyik előállítható oldalára támaszkodva kis helyirendszert építeni ki, amelybe a létesítmény geodéziai felvételei bekapcsolódnak. E helyi rendszerek egyre szaporodnak s egyelőre nagyobb zavart nem okoznak. Előrelátható azonban, hogy a fejlődések későbbi fokában ipartelep kerül majd két régebbi közé, vagy ma még önálló bányatelepek összekapcsolódnak s ekkor kapcsolatba kell hozni

az önálló geodéziai rendszereket is, hogy az új üzem vagy üzemrész geodéziai munkálatai elkészíthetők legyenek. A külön hálózatok természetéből származó esetleges törései ekkor a legkellemetlenebb bonyodalmakra fognak vezetni.

A köteles előrelátás tehát azt parancsolja, hogy ha az új hálózat már nem is lehetett készen a gazdasági élet fellendülésének kezdetére, akkor legalább addigra készüljön el, amikor a ma nagyméretűnek látszó iparlétesítmények még további fejlesztése bekövetkezik.

Kétségtelen az is, hogy a hálózatfejlesztés meggyorsításának gátat vet a megfelelő szakemberekben mutatkozó hiány. E téren javulás természetesen várható, de csak hosszabb időre elosztva. Így amikor az Országos Földméréstani Intézet felsőgeodéziai osztályán megvizsgáltuk azt a kérdést, hogy a ma szokásos módszerekkel mennyi idő alatt létesíthető a most készülő elsőrendű láncolatkeret kitöltéseként egy olyan felsőrendű hálózat, melyben a pontok távolsága egyenletesen kb. 7 kilométer, nagyobbára a ma rendelkezésre álló személyzettel számoltunk és csak későbbi években vettünk figyelembe létszám-kiegészülést.

Ez a számítás azt mutatta, hogy 680 mérnöki és 1400 technikus munkahónapra van szükség, azaz kereken 21 esztendőre. S mivel az új láncolat-keret helyszíni munkálatai csak 1952-re készülnek el s a számítások lezárására is kell legalább egy évet számítani, számításunk annyit jelent, hogy az új kitöltő (harmadrendű) hálózatunk csak 1975-ben lesz használatba vehető.

Kétségtelen, hogy az említett kritikus állapot már előbb be fog következni. Ennek pedig az lesz a következménye, hogy a hálózat munkálatait nem fogjuk tudni rendszeresen végezni: majd itt, majd ott kell a kifejlesztést megoldani. Már pedig a kitöltő harmadrendű hálózat elkészítésének 21 évben megállapított ideje folyamatos munkát tételez fel és így gyakorlatban a munka tovább fog tartani, sőt mondhatjuk készen nem lesz soha. Ezt a pesszimisztikus álláspontot teljesen alátámasztja az, hogy a ma használt hálózat minden hiánya és hibája is arra vezethető vissza, hogy kifejlesztését túlhosszú időre tervezték. Nem hagyható figyelmen kívül az sem, hogy a már korábban elvégzett részekhez való csatlakozást elősegítő jelek a közbeeső munkák ideje alatt elpusztulnak és azokat újból fel kell építeni.

Nyilvánvaló volt tehát, hogy feladatunk a klasszikus geodéziai eljárások szerint meg nem oldható.

Adva voltak tehát bizonyos gazdasági szükségszerűségek, melyek a technika haladásának mindig előfeltételét képezik. Dr. Regőczi javaslata is egy ilyen technikai fejlődés, amely a háromszögelés feladatának megoldását lehetővé teszi.

Azonnal igen alaposan megvizsgáltuk tehát a javaslat gazdasági vonatkozásait.

Elsősorban megállapítottuk, hogy ezen az úton a munkálat végrehajtása 250 mérnöki és 560 technikus munkahónapot igényel, azaz kb. 60%-kal kevesebbet, mint a régi módszer és így bizonyos lassúbb létszámkiegészüléssel itt is számolva, a helyszíni munkák 8 év alatt befejezhetők. A javasolt eljárás biztosítja tehát a munkálat végrehajtását a gazdasági élet által megszabott rövidebb idő alatt.

Ez már magában véve is döntő szempont, melynek megvalósulásáért anyagi áldozattól sem szabad visszariadni. Ha azonban az időelemzés után költségelemzést is végzünk, megállapíthatjuk, hogy nemcsak áldozathozatalról nincs szó, hanem igen jelentős megtakarítás is érhető el pénzben és anyagban. Az anyagok terén elég azt megemlíteni, hogy a régi rendszerű hálózatépítéshez

20 000 m^3 fenyő állványfa és rúdfa lett volna szükséges. Mivel a hálózatfejlesztés javasolt módszere lehetővé teszi a szétszedhető és alacsonyabb jelek alkalmazását, a faanyagszükséglet tizedrészre csökken még akkor is, ha a jelek fából és nem fa-vas kombinációból készülnek. Hogy ez a 18 000 m^3-nyi megtakarítás épp a fenyőerdőben igen szegény országunkban mit jelent, azt felesleges hangsúlyozni.

A munkálat összköltségére vonatkozóan az előadó is említett egy adatot: a megtakarítás 14 millió forint, amelynek kellő értékeléséhez azt kell hozzáfűznöm, hogy az összes költség a régi eljárás szerint kb. 32 millió forintot tenne ki, azaz a megtakarítás 44%.

Az időben, pénzben és a népgazdaság szempontjából értékes anyagban mutatkozó megtakarítás láttára önként felmerül a gondolat, hogy mindezekért hol, milyen vonatkozásban kell a népgazdaságnak ellenszolgáltatást nyujtania. Az kétségtelen, ha a munkaidőben mintegy 64%-os megtakarítással szemben a költségek 44%-kal csökkennek, akkor az egy évre eső hiteligény megfelelően növekedik. Az átlagos évi hiteligény azonban alig múlja felül azt az összeget, amit népgazdaságunk ma és az elmult években is a háromszögelési hálózat létesítésébe, tudniillik a láncolat-keret munkálataiba befektetett és nincs lényeges eltérés a kétféle eljárás évi átlagos hiteligénye között sem. Nagyobb hiteligényre az első egy-két évben a beruházások miatt van szükség. A részletezett előnyök előfeltétele ugyanis az, hogy a végrehajtószerv megfelelő járműparkkal, korszerű építőfelszereléssel láttassék el, erre pedig az első évtől kezdve szükség lesz, tehát az első, esetleg még a második évben kell olyan hitelkeretet biztosítani, amely a rendes üzemi kiadások fedezése mellett a beruházásokra is elegendő. Az évi hitel azonban ezekben az években sem fogja felülmúlni a ma évente háromszögelésre fordított összeg kétszeresét. Kétségtelen, e téren a mult mulasztásait kell pótolnunk, mert a földmérési szolgálat a szállítóeszközök területén évtizedekkel maradt el. Ha e téren nem lesz változás és a régi rendszer szerint kell hálózatunkat kiépíteni, az anyagok szállításáért mintegy 3,5 millió forintot kell kifizetni. A javasolt eljárás nem kíván többet, mint azt, hogy ennek az összegnek háromnegyedrészét bocsássák a munkálatok rendelkezésére, nagyobb részben a munkálatok megindításának évében, kisebb részben a következő évben s ennek ellenében egy ötször nagyobb összeg befektetése feleslegessé válik.

Említette az előadó, hogy már 1925-ben megkezdték új háromszögelésünk munkálatait, de az elsőrendű hálózat is csak 80%-ig készült el a háború előtt. Akadályozta a munkát pénzügyi intéző köreink meg nem értése, szűklátókörű politikája. Az abból eredő mulasztásokat nem tudjuk meg nem történtté tenni, de az előadásban lefektetett elvek gyakorlatba való átvitelével kihatásának gátat vethetünk. Bízunk abban, hogy — amint azt az előadó mondotta — a geodézia életkörülményei is megváltoztak és többmillió forintos megtakarítás lehetőségét nem mulasztjuk el az előrelátás hiánya miatt.

MILASOVSZKY BÉLA

Regőczi előadását a szakszerű hozzászólások kimerítően ismertették már. Most még csak a magyar háromszögelések történelmi fejlődése szemszögéből óhajtanám azt méltatni.

A kultúra eme megnyilvánulásában is bebizonyosodott az, hogy néha hosszú évtizedes látszólagos stagnációk után váratlanul élenjáró elmék új gondolatai mérföldes léptekkel viszik előre a fejlődést.

Így fáklyaként tűnik ki 1870 körül *Marek János*, mint Háromszögelő Hivatalunk első főnöke, aki bár rég meghalt, de neve tovább él a róla elnevezett feladatokban. Ő ismertette és alkalmazta elsőízben a koordináta-kiegyenlítés fontos módszerét, tőle származik Budapest akkori háromszögelése, amelyet a párizsi világkiállításon is kitüntettek.

Névtelen generációk csendes munkája után *Sädtler Róbert* és *Mateóczy-Fleischer Kálmán* a dunántúli főhálózat kiegyenlítésénél elsőízben alkalmazták a távolság-kényszert.

Csodálattal emlegették beosztottjai *Dobrovits Győzőt*, a Háromszögelő Hivatal egykori főnökét, veleszületett kivételes szakmabeli érzéke folytán, akinek fáradozásai eredményeként végre 1910-ben nálunk is megindultak a csillagászati helymeghatározások.

Azonban a fejlődés útja nem mindig egyenes, hanem néha hullámos. 1908-ban színrelép a sokoldalú és különleges képességekkel bíró *Fasching Antal*, akinek javaslatára életbeléptetik a hengervetületet. Mivel sajnos az Állami Földmérés nem tért át teljesen a hengervetületre, hanem egyes helyeken megtartotta az addig használt sztereografikus vetületet is, sőt még később is készített térképeket sztereografikus rendszerben, a hengervetület bevezetése a vetületi rendszereink összekuszáltságához vezetett. Ez káros hatását a mai napig is súlyosan érezteti.

Egy további mély hullámvölgyet okoz persze az első világháború és az utána következett korszak, nemcsak a háború utáni szegénység miatt, hanem a nem mérnökökből álló legfőbb vezetés szűkkeblűsége és rövidlátása miatt is. Mint tudjuk, akkoriban túltengett a jogászvilág uralma, ellenben a technikai munka felette szerény méltatásban részesült. A szegénység különben az elmult évtizedekben állandó vendég volt földmérésünk otthonában, mert a nagytőke köztudomás szerint csak azokat a tudományágakat támogatja, amelyektől gyors hasznot várhat. A csendes és szinte láthatatlan geodézia pedig nem olyan.

Hivatásszerető háromszögelőink azonban küzdelmesen bár, de mégis továbbvitték a fejlődést. Mert új eszmék, módszerek, műszerek láttak napvilágot főleg fővárosunknak a harmincas években végrehajtott modern háromszögelése kapcsán. Ezt a hatalmas munkát tudvalevőleg *Papp Gyula* mintaszerűen szervezte meg és számos kiváló munkatársával épp úgy hajtotta végre. Papp Gyula az elméleti munka terén is termékenynek bizonyult. Munkatársai közül megemlítjük *Májay Pétert*. Azokban az években csillan fel először *Hazay István* neve, nemcsak a fővárosi háromszögelés révén, hanem új utakon járó kiegyenlítő számítási tankönyvével, főleg pedig a nemzetközileg elismert sztatikai koordináta-kiegyenlítési módszerével. Bajos volna a fejlődés lépcsőiről megemlékeznünk anélkül, hogy ne említenők a világviszonylatban ismert *Tárczy-Hornoch Antal* professzor nevét, aki bár nem tartozott földmérésünk kötelékébe, mégis számos különböző vizsgálatával hathatósan támogatja felsőgeodéziai munkálatainkat is.

A fiatal háromszögelő nemzedék sem kíván elmaradni az elődjeik mögött. Itt szorgalmával és alapos felkészültségével máris feltűnt és még nagy reményekre jogosít *Homoródi Lajos* neve.

Nem véletlen, hanem a demokrácia nyujtotta hathatós erkölcsi és anyagi támogatás eredménye, hogy éppen napjainkban a mi tudományágunk fejlődése gyors iramba lendült. Alig szereztünk tudomást *Hazay* és *Tárczy-Hornoch* professzoroknak a nagy kontinentális hálózatok kiegyenlítését célzó grandiózus tervéről, máris meglep bennünket *Regőczi Emil* mostani előadása, amely alap-

jaiban kívánja megfordítani azt, amit a háromszögelési hálózatok rangsoráról nemzetközi szaktekintélyek hirdettek, nemzedékek vallottak és hittek.

Régóta érezhető volt, hogy háromszögelési módszerünk alapvető visszásággal terhelt, mert bár az elsőrendű hálózat fejlesztését ismételten elkezdtük, de azt tulajdonképen rajtunk kívül álló okokból sohasem fejeztük be. Az időelőtt elavult, vagy elpusztult.

Regőczi elgondolása tehát nagy horderejűnek látszik, mert ezt a visszásságot hivatott megszüntetni, amivel bizonyítja a háromszögelés 350 éves módszerének még mindig fejlődésképes voltát és meghosszabbítja annak történelmi élettartamát.

Mások meddő kutatásai után, neki adatott meg, hogy meglátta a probléma kivezető útját. Évtizedek munkájának sok apró mennyiségi változása előadásával minőségi változássá kristályosodott át. A dialektika napsugarai ezen a ponton is áttörték a dogmatizmus ködét.

ÁTSZÁMÍTÁS KÜLÖNBÖZŐ ELLIPSZOIDOKHOZ TARTOZÓ GAUSS-KRÜGER KOORDINÁTÁK KÖZÖTT

HAZAY ISTVÁN

Nagyobb kiterjedésű háromszögelési hálózatnak, így például egy országos háromszögelési hálózatnak a pontjait egy alapul vett ellipszoidra vonatkoztatva határozzuk meg és az ellipszoid egy síkvetületén ábrázoljuk. Magyarországon az új felsőrendű háromszögelési hálózat kifejlesztésével kapcsolatban a síkon történő ábrázoláshoz a Gauss—Krüger koordinátákat fogjuk alkalmazni.

Mivel a földkerekség országai még nem állapodtak meg egyetlen egy ellipszoidban és a minket környező szomszédos országokban is háromféle ellipszoiddal: a *Bessel*-féle, a *Kraszovszkij*-féle és a *Hayford*-féle ellipszoiddal találkozunk, a geodéziai hálózatok nemzetközi összekapcsolása végett, vagy tudományos célú vizsgálatok végrehajtásához szükséges lehet, hogy hálózatunk pontjainak koordinátáit a nálunk alapul vett ellipszoidra vonatkozó Gauss—Krüger-rendszerből egy másik ellipszoidra vonatkozó Gauss—Krüger-rendszerbe számítsuk át. Így felmerült az a feladat, hogy két ellipszoid Gauss—Krüger koordinátái között egy olyan kapcsolatot keressünk, amely aránylag gyors, de amellett a vetületi számításoktól általában megkívánt élességű átszámítási eljárást eredményez.

Ha egy háromszögelési hálózatot valamely ellipszoidról egy másik ellipszoidra viszünk át, akkor az egyes pontok földrajzi koordinátái, tehát a földrajzi szélesség és a földrajzi hosszúság és ennek következtében a hálózat oldalainak az azimutjai is megváltoznak, még akkor is, ha a hálózat kiindulópontjának földrajzi koordinátáit és a hálózat tájékozását változatlanul hagyjuk. Még további változást szenvednek a földrajzi koordináták abban az esetben, ha a háromszögelési hálózatnak egy másik ellipszoidon való kedvezőbb elhelyezése végett a kezdőpont földrajzi koordinátáit és ezzel a hálózat tájékozását is megváltoztatjuk. Képzeljük el ugyanis, ha a hálózat *kiindulópontjának* egy ellipszoidra vonatkozó földrajzi szélességét és földrajzi hosszúságát, valamint a kiindulóponthoz csatlakozó egy hálózati oldal azimutját valami módon, például a csillagászati úton mért adatokban felvesszük, akkor a háromszögelési hálózat mérési adataiból és az ellipszoid adataiból mindenegyes alappont részére kiszámíthatjuk az ellipszoidikus földrajzi szélességet és földrajzi hosszúságot. Ha a kiindulópont földrajzi koordinátáit és a kiinduló irány azimutját változatlanul

hagyjuk, de ellipszoidot változtatva a hálózat mérési adatait most más ellipszoidikus adatokkal kapcsoljuk össze, az egyes pontokra az előbbiektől eltérő ellipszoidikus földrajzi koordinátákat kapunk. És fokozódni fog az eltérés, ha ezen felül még a kiindulópont földrajzi koordinátáit is megváltoztatjuk, ami eredményeiben azt jelenti, hogy a háromszögelési hálózatot az ellipszoidon előbbi helyzetéből eltoljuk és elforgatjuk.

A földrajzi koordináták változásának kiszámítását bőven tárgyalja az irodalom és azt kézikönyvekben is megtalálhatjuk. Így például *Jordan—Eggert* kézikönyve szerint az ellipszoid állandóinak változása két pont között a földrajzi szélességben a

$$d\varphi_2 = \frac{\varrho''}{a M_2} s \cos \alpha_2 \, da + \left[2(\varphi_2 - \varphi_1) - 3(\varphi_2 - \varphi_1) \sin^2 \varphi + \right.$$
$$\left. + \frac{\lambda^2}{2\varrho''} \sin^3 \varphi \cos \varphi \right] dl$$

a földrajzi hosszúságban pedig a

$$d\lambda = \frac{\varrho''}{a N_2} \frac{s \sin \alpha_2}{\cos \varphi_2} da - \lambda \sin^2 \varphi_1 \frac{\cos \varphi_1}{\cos \varphi_2} dl$$

változást okozza. A képletekben φ a földrajzi szélességet jelenti az indexek szerint az első vagy a második pontnál, illetve index nélkül a két pontra vonatkozó földrajzi szélességek számtani középértékét jelöli, λ a két pont földrajzi hosszúságkülönbsége, s a két pont ellipszoidikus távolsága, α_2 a két pontot összekötő geodéziai vonal azimutja a második pontnál, M_2 az a félnagytengelyű és l lapultságú alapul vett ellipszoid meridián-irányú görbületi sugara, N_2 pedig a meridiánra merőleges főgörbület sugara a második pontnál, ϱ'' az analitikus szögegységnek megfelelő másodpercérték és da, illetve dl a két vizsgált ellipszoid félnagytengelye, illetve lapultsága közötti különbség. Hasonló módon megvannak az összefüggések arra az esetre is, ha a kezdőpont földrajzi koordinátáit is megváltoztatjuk.

A földrajzi koordináták változásának kiszámítása azonban *nem vetületi* feladat. Az előbbiekben már körvonalazott feladatunk *vetületi szempontból* a következő: ha adva vannak egy pontnak az egyik ellipszoidhoz vonatkozó y és x síkkoordinátái és a földrajzi koordinátáknak a másik ellipszoidra való áttérés következtében jelentkező $\Delta\varphi$ és $\Delta\lambda$ változásai, minél kevesebb számítással, a pont földrajzi koordinátáinak ismerete, illetve kiszámítása nélkül is, meg tudjuk határozni a másik ellipszoidhoz vonatkozó síkkoordinátákat.

A két ellipszoidhoz tartozó Gauss—Krüger-rendszerek között a legegyszerűbb kapcsolatot annál a gyakorlatban ritkán előforduló *speciális esetnél* találtuk meg, amelynél a földrajzi koordináták az átszámítandó pontra nézve mindkét ellipszoidon ugyanazok. Az általános esetet pedig, amelynél a két

ellipszoidhoz tartozó földrajzi koordináták egymástól eltérőek, erre a speciális esetre fogjuk visszavezetni.

Az eljárás matematikai ismertetése előtt röviden megemlítem, hogy a *Gauss—Krüger* ábrázolási rendszer a közismert *Soldner*-féle koordinátákon alapszik, olyképen, hogy *Gauss* a kezdőmeridiánon mért *Soldner*-féle abscisszát változatlanul megtartotta, míg a kezdőmeridiánra merőleges ordinátát úgy változtatta meg, hogy *az ábrázolás szögtartó legyen.*

A földrajzi koordinátákból a síkkoordináták és a síkkoordinátákból a földrajzi koordináták számítása a következő sorok alapján történik :

$$\begin{aligned} y &= A_1\lambda + A_3\lambda^3 + A_5\lambda^5 \\ x &= B + A_2\lambda^2 + A_4\lambda^4 \end{aligned}$$

illetve

$$\begin{aligned} \varphi &= \varphi_1 + B_2 y^2 + B_4 y^4 \\ \lambda &= B_1 y + B_3 y^3 + B_5 y^5 \end{aligned}$$

A sorokban y és x a vizsgált pont Gauss—Krüger koordinátáit, az index-nélküli φ és a λ pedig a földrajzi koordinátáit jelenti. B a φ földrajzi szélességnek megfelelő meridián-ívhossz az egyenlítőtől számítva, φ_1 pedig az x-abscisszával egyenlő hosszú meridián-ívhossznak, vagyis a vizsgált pont talppontjának megfelelő talpponti földrajzi szélesség. Az A_1—A_5 együtthatók a φ, a B_1—B_5 együtthatók pedig a φ_1 földrajzi szélességtől függő és táblázatból vehető tényezők.

Feltételezve most, *hogy az átszámítandó pont φ és λ földrajzi koordinátái mind a két ellipszoidra vonatkozóan azonosak és a megfelelő vetületi sávok kezdőmeridiánjának földrajzi hosszúsága is egyező*, a felírt sorok alapján a vizsgált pont síkkoordinátái a két ellipszoidon :

$$\left.\begin{aligned} y_I &= A_{1I}\lambda + A_{3I}\lambda^3 + A_{5I}\lambda^5 \\ x_I &= B + A_{2I}\lambda^2 + A_{4I}\lambda^4 \end{aligned}\right\} \quad (1)$$

illetve

$$\left.\begin{aligned} y_{II} &= A_{1II}\lambda + A_{3II}\lambda^3 + A_{5II}\lambda^5 \\ x_{II} &= B_{II} + A_{2II}\lambda^2 + A_{4II}\lambda^4. \end{aligned}\right\} \quad (2)$$

Az egyik ellipszoidra vonatkozó adatokat I, a másikra vonatkozókat pedig II index-szel jelöltük. Levonva a (2) megfelelő egyenleteiből az (1) megfelelő egyenleteit :

$$\begin{aligned} y_{II} - y_I &= (A_{1II} - A_{1I})\lambda + (A_{3II} - A_{3I})\lambda^3 + (A_{5II} - A_{5I})\lambda^5 \\ x_{II} - x_I &= B_{II} - B_I + (A_{2II} - A_{2I})\lambda^2 + (A_{4II} - A_{4I})\lambda^4. \end{aligned}$$

Számítási élességünk határain belül a harmadrendűnél magasabbrendű tagok elhanyagolhatók. Az egyszerűbb áttekinthetőség kedvéért egyenleteinket írjuk a következő alakban :

$$\left.\begin{aligned} \Delta y &= \Delta A_1\lambda + \Delta A_3\lambda^3 \\ \Delta x &= \Delta B + \Delta A_2\lambda^2. \end{aligned}\right\} \quad (3)$$

A földrajzi hosszúság az I. ellipszoidra vonatkozó síkkoordináták alapján kifejezhető a

$$\lambda = B_{1I} y_I + B_{3I} y_I^3 + B_{5I} y_I^5 \tag{4}$$

egyenlőségből. Helyettesítsük (4)-et (3)-ba. A magasabbrendű tagok elhanyagolásával:

$$\left.\begin{aligned} \Delta y &= \Delta A_1 B_{1I} y_I + (\Delta A_1 B_{3I} + \Delta A_3 B_1^3{}_I) y^3{}_I \\ \Delta x &= \Delta B + \Delta A_2 B_{1I}^2 y_I^2 \end{aligned}\right\} \tag{5}$$

és

$$y_{II} = y_I + \Delta y \qquad x_{II} = x_I + \Delta x \tag{6}$$

A ΔA_I, ΔA_2, ΔA_3, ΔB, valamint a B_{1I}, $B_1^2{}_I$, $B_1^3{}_I$ és B_{3I} értékek a meridián-ívhossz kerek értékeire, például 10 kilométerenként táblázatba foglalhatók. A táblázati adatok között már lineárisan lehet interpolálni.

A Δy-nak az (5) alatti kifejezése azonban *gyakorlati szempontból nem kedvező.* Elsősorban azért, mert a kifejezés egyes tényezőit a φ-nek, más tényezőit pedig a φ_1-nek megfelelő B meridián-ívhosszal jellemzett helyre, vagy másképp kifejezve, egyes tényezőit a vizsgált pont *parallelkörének,* más tényezőit pedig a *talppontnak* megfelelő B helyre kell interpolálni és ebből az következik, hogy a Δy kifejezésében valamennyi tényezőt külön-külön kell a táblázatból meghatározni és az egyenletbe helyettesíteni. Másodsorban hátrányos még az is, hogy az y_I ordinátának még a harmadik hatványát is figyelembe kell venni.

A Δx-nek (5) alatti kifejezése azonban gyakorlatilag is jól használható, mert a számítási élességen belül az eredményre közömbös, hogy a $\Delta A_2 B_1^2{}_I$ szorzat tényezőit a parallelkörnek, vagy a talppontnak megfelelő B helyre interpoláljuk-e és így ez a szorzat együttesen foglalható táblázatba. Ha bevezetjük a

$$\nu = \Delta A_2 B_{1I}^2 \tag{7}$$

jelölést, akkor

$$\Delta x = \Delta B + \nu y_I^2. \tag{8}$$

A talppontnak megfelelő meridián-ívhossz és a parallelkörnek megfelelő meridián-ívhossz különbségét a számításunkhoz megfelelő pontossággal az (1) és (4) egyenletek alapján a

$$B_T - B_\varphi = x_I - B_\varphi = -D y_I^2 \tag{9}$$

összefüggésből állapíthatjuk meg, amelyhez a

$$D = -A_{2I} B_{1I}^2 \tag{10}$$

együtthatót az $x_I = B_T$ helyre interpolálhatjuk.

A következőkben ismertetendő elgondolásunkkal a Δy kifejezése *lényegesen egyszerűsíthető.*

Vegyünk fel egy ellipszoidnak ugyanazon a parallelkörén több pontot (P, Q, R ... pontokat) és ezek y-ordinátáiból a

$$\bar{\lambda}_P = B_{1\varphi}\, y_P \qquad \bar{\lambda}_Q = B_{1\varphi}\, y_Q \qquad \bar{\lambda}_R = B_{1\varphi}\, y_R \tag{11}$$

képletek alapján számítsuk a λ-val jelzett arányossági tényezőket. A $B_{1\varphi}$ jelentse a felvett parallelkör földrajzi szélességéhez (tehát nem az egyes pontok talppontjaihoz) tartozó B_1 értékét. Ez a parallel-körön fekvő minden pontra azonosan :

$$B_{1\varphi} = \frac{\varrho}{N_\varphi \cos \varphi}. \tag{12}$$

A $\bar{\lambda}$ értékeket, amelyek természetesen különböznek a pontok valódi λ földrajzi hosszúságaitól, nevezzük *redukált hosszúságok*nak. Mivel a φ földrajzi szélességhez tartozó A_1 érték, melynek kifejezése

$$A_{1\varphi} = \frac{N_\varphi \cos \varphi}{\varrho} \tag{13}$$

a $B_{1\varphi}$ értéknek reciprok értéke, ha a redukált hosszúságokat sorra megszorozzuk ezzel az $A_{1\varphi}$ értékkel, akkor magától értetődően sorra a felvett pontok y ordinátáit kapjuk meg, tehát

$$y_P = A_{1\varphi}\, \bar{\lambda}_P \qquad y_Q = A_{1\varphi}\, \bar{\lambda}_Q \qquad y_R = A_{1\varphi}\, \bar{\lambda}_R \tag{14}$$

Ha most *két ellipszoid között* vizsgáljuk a viszonylatot és az egyik ellipszoidra a számítási tartományunkon belül a földrajzi szélesség minden helyére olyan β_1 tényezőt határozunk meg, amellyel megszorozva a megfelelő parallelkörön fekvő pontok y-ordinátáit, a megkívánt számítási élességen belül sorra ugyanazokat a $\bar{\lambda}$ redukált hosszúságokat nyerjük, mint amelyeket a másik ellipszoidra a (11) alatti kifejezésből kapunk, akkor a (14) összefüggések alapján a parallelkör valamennyi pontjára

$$\left.\begin{aligned} y_I &= \alpha_{1I}\, \beta_{1I}\, y_I \\ y_{II} &= A_{1II}\, \beta_{1I}\, y_I \end{aligned}\right\} \tag{15}$$

ahol

$$\alpha_{1I} = \frac{1}{\beta_{1I}}. \tag{16}$$

Vonjuk ki egymásból a (15) alatti két egyenletet :

$$y_{II} - y_I = \Delta y = (A_{1II} - \alpha_{1I})\, \beta_{1I}\, y_I. \tag{17}$$

Tekintettel most már arra, hogy mind az A_1, mind az α_1, mind pedig a β_1 érték ugyanahhoz a földrajzi szélességhez *(a parallelkörnek megfelelő szélességhez)* tartozik, az

$$u = (A_{1II} - \alpha_{1I})\, \beta_{1I} \tag{18}$$

érték éppenúgy, mint a (7) alatt már felírt

$$v = \Delta A_2 B_{1I}^2 \tag{19}$$

tényező, valamint a Δx számításához szükséges ΔB különbség a meridiánívhossz kerek értékeire, például 10 kilométerenként táblázatba foglalható. A koordináta-különbségek pedig a táblázati értékeket az átszámítandó pont parallelkörének megfelelő helyre interpolálva, a

$$\left.\begin{aligned} \Delta y &= u\, y_I \\ \Delta x &= \Delta B + v\, y_I^2 \end{aligned}\right\} \tag{20}$$

egyszerű képletekből számíthatók.

Az előbbiekben ugyanis már említettük, hogy a v tényezőt a parallelkör földrajzi szélességének megfelelő táblázati helyről vehetjük ; az u és ΔB értékeket pedig elméletileg is erre a helyre kell interpolálni.

Nézzük most már, miként határozhatjuk meg a β_{1I} értékeket, amelyek természetszerűleg csak *kis mennyiséggel* térnek el a megfelelő B_{1I} értékektől. Egy tetszőleges földrajzi szélességnél legyen

$$\beta_{1I} = B_{1I} + \Delta\beta_{1I}.$$

Számításaink azt mutatták, hogy $\Delta\beta_{1I}$ vizsgálati tartományunkban állandónak vehető, mert változásának elhanyagolása az y-értékekben még 5° földrajzi hosszúságnál is csak századmilliméterrendű eltérést okoz. Ezért elméletileg elég lenne egy tetszőleges földrajzi szélességnél, például az ország középszélességénél meghatározni. Mégis, hogy az ordinátákat esetleg terhelő tizedmilliméterrendű elhanyagolások hatását is csökkentsük, a számítást célszerűen több helyen végezzük el.

Számítsunk például a II. ellipszoidon a földrajzi szélesség minden kerek 30 percénél $\lambda = 5°$-ig bezárólag a földrajzi hosszúság minden kerek fokértékére, a (15) alatti második egyenlet alapján az y ordinátákra közelítő értékeket, élve a $\beta_{1I} = B_{1I}$ *közelítéssel*. Számítsuk ki továbbá ugyanezekre a helyekre a földrajzi koordinátákból az y-ok *tényleges* értékeit is.

Így mindegyik helyre adódik az y részére egy közelítő érték :

$$(y_{II}) = A_{1II}\, B_{1I}\, y_I \tag{21}$$

és ismeretes a tényleges érték is :

$$y_{II} = A_{1II}\,\lambda + A_{3II}\,\lambda^3 + A_{5II}\,\lambda^5. \tag{22}$$

Kivonva a (22) egyenlettel számított értékekből a (21) egyenlőségből számított megfelelő értékeket, a földrajzi szélesség minden kerek 30 percénél kapunk egy-egy *különbség*-sorozatot. Az ugyanahhoz a földrajzi hosszúsághoz tartozó különbségértékekből (amelyek között az eltérés csak tizedmilliméterrendű lehet) számtani közepet számítva, egy

$$(\Delta_1)\ (\Delta_2)\ (\Delta_3)\ (\Delta_4)\ (\Delta_5) \tag{23}$$

tagokból álló, növekvő sorozatot kapunk. Az indexek a földrajzi hosszúság fokértékét jelzik.

Ha a (21) egyenletbe a B_{1I} helyett β_{1I}-nek egy *más közelítő értékét* helyettesítenők, akkor a (23) alatti sorozat helyébe egy

$$(\Delta_1) + \Delta_0 \quad (\Delta_2) + 2\,\Delta_0 \quad (\Delta_3) + 3\,\Delta_0 \quad (\Delta_4) + 4\,\Delta_0 \quad (\Delta_5) + 5\,\Delta_0 \qquad (24)$$

sorozathoz jutnánk.

A Δ_0 értéket most már úgy vesszük fel, hogy a sorozat számértékei minél kisebbek legyenek, figyelve arra, hogy a végleges érték $\lambda = 2°$-ig csak félmilliméternél kisebb lehet, míg azon túl már néhány centiméteres értéket is megengedhetnénk.

Ha a Δ_0 értéket felvettük, akkor

$$\Delta\beta_{1I} = \left(\frac{-\Delta_0}{A_{1II}\, y_I}\right)_{\lambda=1°}.$$

A számításokat az ismertetett eljárásnak megfelelően elvégeztük a *Hayford*-féle és a *Kraszovszkij*-féle ellipszoid között. Az 1. táblázatban összefoglaltuk a *Kraszovszkij*-ellipszoidról a *Hayford*-ellipszoidra való áttéréshez végzett számításoknál adódott Δ-értékeket.

1. TÁBLÁZAT

λ		1°	2°	3°	4°	5°
(Δ)	milliméter	+ 0,2	+ 0,5	+ 1,3	+ 1,8	+ 3,5
Δ_0		— 0,2				
Δ		0,0	+ 0,1	+ 0,7	+ 1,0	+ 2,5

A számítások céljaira az átszámítási tényezők a meridián-ívhossz kerek értékeire, például 10 kilométerenként táblázatba foglalhatók. A táblázatokat elkészítettük a *Kraszovszkij*- és a *Hayford*-féle ellipszoid között.

A táblázatok segítségével az átszámítás, ha adva van az egyik ellipszoidra vonatkozó y_I és x_I *Gauss—Krüger* koordináta, végeredményben a következő lépésekben történik:

1. y_I méterre kerekített értékéből számítandó y_I^2, majd D-t x_1-helyre fejben, egész számra interpolálva, a $B = x_I + Dy_I^2$ képlettel számítjuk a parallelkörnek megfelelő meridián-ív hosszát, méterre kerekített értékre;
2. B-helyre interpolálandó: u, v és ΔB;
3. az

$$y_{II} = y_I + u\,y_I$$
$$x_{II} = x_I + \Delta B + v\,y_I^2$$

képletekkel számítjuk a másik ellipszoidra vonatkozó *Gauss—Krüger* koordinátákat.

Általános esetben, mint már említettük, a pontok földrajzi koordinátái megváltoznak. Az ennek megfelelő átszámítási feladatot visszavezethetjük az előbbiekben tárgyalt speciális esetre, amelynél feltételeztük, hogy a pont φ és λ földrajzi koordinátái mindkét ellipszoidra vonatkozóan azonosak. Nem kell ugyanis mást tenni, mint kiszámítani az egyik ellipszoidra vonatkozóan a $\Delta\varphi$ és $\Delta\lambda$ változásoknak megfelelő $\overline{\Delta y}$ és $\overline{\Delta x}$ koordinátakülönbségeket és az ezekkel megjavított koordinátákat — amelyek már kielégítik a speciális eset feltételeit — az előbbiekben ismertetett módon átszámítani a másik ellipszoid vetületi sávjára. (A koordináta-különbségek jelét megkülönböztetésül a speciális eset átszámítási módjánál használt Δy és Δx jelzésektől, felülhúzott vonalkákkal láttuk el.) A feladat természetének megfelelően feltételezzük, hogy a $\Delta\varphi$ és $\Delta\lambda$ változások kicsik és általában a 10″-t nem haladják túl, bár a levezetett képletek egyperces változások figyelembevételére is alkalmasak, ha 2°-os vagy 3°-os sávbeosztásnál néhány milliméteres, szélesebb sávnál pedig néhány centiméteres elhanyagolást is megengedhetünk.

Nézzük először a $\Delta\varphi$ okozta változást. A már ismert

$$\left.\begin{aligned} y &= A_1\lambda + A_3\lambda^3 + A_5\lambda^5 \\ x &= B + A_2\lambda^2 + A_4\lambda^4 \end{aligned}\right\} \tag{25}$$

sorokból, mivel azok együtthatói a földrajzi szélesség függvényei

$$\left.\begin{aligned} \overline{\Delta y_\varphi} &= \left(\frac{dA_1}{d\varphi}\right)_\varphi d\varphi\,\lambda + \left(\frac{dA_3}{d\varphi}\right)_\varphi d\varphi\,\lambda^3 + \left(\frac{dA_5}{d\varphi}\right)_\varphi d\varphi\,\lambda^5 \\ \overline{\Delta x_\varphi} &= \left(\frac{dB}{d\varphi}\right)_\varphi d\varphi + \left(\frac{dA_2}{d\varphi}\right)_\varphi d\varphi\,\lambda^2 + \left(\frac{dA_4}{d\varphi}\right)_\varphi d\varphi\,\lambda^4 \end{aligned}\right\} \tag{26}$$

Jelöljük az 1″-re eső változásokat ΔB, illetve $\Delta A_1 \ldots \Delta A_5$-tel:

$$\left.\begin{aligned} \overline{\Delta y_\varphi} &= \Delta A_1\,\Delta\varphi''\lambda + \Delta A_3\,\Delta\varphi''\lambda^3 + \Delta A_5\,\Delta\varphi''\lambda^5 \\ \overline{\Delta x_\varphi} &= \Delta B\cdot\Delta\varphi'' + \Delta A_2\,\Delta\varphi''\lambda^2 + \Delta A_4\,\Delta\varphi''\lambda^4. \end{aligned}\right\} \tag{27}$$

Az egyenletekben az utolsó tagok zérusnak vehetők, mert az A_5 tényezőt számítási élességünknek megfelelően Magyarország területére konstansnak találtuk. Az A_4 változása pedig oly csekély, hogy annak elhanyagolása feladatunknál érzékelhetetlen. Pontossági követelményeink mellett megengedhetjük még azt is, hogy a $\overline{\Delta y_\varphi}$ egyenletének második tagjába a λ^3 helyett λ-t helyettesítünk. (Az elhanyagolások számszerű értékét a megengedhetőség igazolására a 2. táblázatban kimutatjuk.) Így írhatjuk, hogy

$$\left.\begin{aligned} \overline{\Delta y_\varphi} &= (\Delta A_1 + \Delta A_3)\,\Delta\varphi''\lambda \\ \overline{\Delta x_\varphi} &= \Delta B\,\Delta\varphi'' + \Delta A_2\,\Delta\varphi''\lambda^2. \end{aligned}\right\} \tag{28}$$

A λ-t arányosnak véve y-nal (itt is megengedhető közelítéssel élünk) és a $\lambda = 1°$-nak megfelelő ordinátát y_0-lal jelölve :

$$\left.\begin{aligned} \overline{\Delta y}_\varphi &= u_\varphi\, y\, \Delta\varphi'' \\ \overline{\Delta x}_\varphi &= (v_{0\varphi} + v_{1\varphi}\, y^2)\, \Delta\varphi'' \end{aligned}\right\} \tag{29}$$

ahol

$$u_\varphi = \frac{\Delta A_1 + \Delta A_3}{y_0} \qquad v_{0\varphi} = \Delta B \qquad v_{1\varphi} = \frac{\Delta A_2}{y_0^2}. \tag{30}$$

Vizsgáljuk most a $\Delta\lambda$ okozta változásokat. Differenciáljuk most a (25) egyenleteket λ szerint, illetőleg az x-egyenletének $A_2\lambda^2$ függvényrészét fejtsük a másodrendű tagig sorba :

$$\left.\begin{aligned} \overline{\Delta y}_\lambda &= (A_1 + 3\,A_3\lambda^2 + 5\,A_5\lambda^4)\, d\lambda \\ \overline{\Delta x}_\lambda &= (2\,A_2\lambda + 4\,A_4\lambda^3)\, d\lambda + \frac{1}{2}\,2\,A_2\, d\lambda^2. \end{aligned}\right\} \tag{31}$$

Itt is megengedhető, hogy az A_5-ös tagot elhagyjuk és az A_4-es tagnál λ^3 helyébe λ-t helyettesítsünk. E szerint

$$\left.\begin{aligned} \overline{\Delta y}_\lambda &= (A_1 + 3\,A_3\lambda^2)\, d\lambda \\ \overline{\Delta x}_\lambda &= (2\,A_2 + 4\,A_4)\,\lambda\, d\lambda + A_2\, d\lambda^2. \end{aligned}\right\} \tag{32}$$

A λ-t arányosnakvéve y-nal :

$$\left.\begin{aligned} \overline{\Delta y}_\lambda &= \left(A_1 + \frac{3\,A_3}{y_0^2}\, y^2\right) \Delta\lambda'' \\ \overline{\Delta x}_\lambda &= \frac{2\,A_2 + 4\,A_4}{y_0}\, y\, \Delta\lambda'' + A_2\, \Delta\lambda''^2. \end{aligned}\right\} \tag{33}$$

Figyelemmel a dimenziókra és bevezetve az

$$\frac{A_1}{3600} = u_{0\lambda} \qquad \frac{3\,A_3}{3600\, y_0^2} = u_{1\lambda} \qquad \frac{2\,A_2 + 4\,A_4}{3600\, y_0} = v_\lambda \tag{34}$$

jelöléseket és figyelembevéve, hogy $\frac{A_2}{3600^2} = 0{,}000\,04$, egyenleteink végső alakja

$$\left.\begin{aligned} \overline{\Delta y}_\lambda &= (u_{0\lambda} + u_{1\lambda}\, y^2)\, \Delta\lambda'' \\ \overline{\Delta x}_\lambda &= v_\lambda\, y\, \Delta y'' + 0{,}000\,04\, \Delta\lambda''^2 \end{aligned}\right\} \tag{35}$$

lesz.

A számítás tényezői itt is táblázatba foglalhatók, például a meridiánívhossz minden kerek 10 kilométerére.

2. TÁBLÁZAT

Távolság a kezdőmeridiántól	ξ_φ	ξ_λ
fok	milliméter	
0,5	0,0	0,0
1,0	0,0	0,0
1,5	0,1	0,0
2,0	0,2	0,2
3,0	0,9	0,6
4,0	2,3	1,6
5,0	4,6	3,2

Szabatos számításnál először kiszámítjuk a $\Delta\varphi$ okozta Δy_φ és $\overline{\Delta x}_\varphi$ változásokat és a $\Delta\lambda$ okozta változások számításánál a táblázati adatokat már a $B_\varphi + \overline{\Delta x}_\varphi$ helyre interpoláljuk, a síkkoordináta-változásokat pedig a

$$\left.\begin{aligned} \overline{\Delta y}_\lambda &= (u_{0\lambda} + u_{1\lambda} y^2)\, \Delta\lambda'' \\ \overline{\Delta x}_\lambda &= v_\lambda (y + \overline{\Delta y}_\varphi)\, \Delta\lambda'' + 0{,}000\,04\ \Delta\lambda''^2 \end{aligned}\right\} \qquad (36)$$

képletekből számítjuk.

A teljes koordináta-változásokat a kétirányú megfelelő változások összege adja:

$$\overline{\Delta y} = \overline{\Delta y}_\varphi + \overline{\Delta y}_\lambda \qquad \overline{\Delta x} = \overline{\Delta x}_\varphi + \overline{\Delta x}_\lambda. \qquad (37)$$

Az elhanyagolások nagyságát $\Delta\varphi = 1''$ és $\Delta\lambda = 1''$ esetére a 2. táblázat mutatja, amelyben a maximális elhanyagolásokat ξ_φ, illetve ξ_λ-val jelöltük. (Az első csupán a $\overline{\Delta y}$, a második pedig csupán a $\overline{\Delta x}$-értéket terhelheti, míg a $\Delta\varphi$ okozta változás számításánál a $\overline{\Delta x}$-ben, a $\Delta\lambda$ okozta változás számításánál a $\overline{\Delta y}$-ban elkövetett elhanyagolás számítási élességünkön belül érzékelhetetlen.) Az elhanyagolások a $\Delta\varphi$-vel, illetve a $\Delta\lambda$-val arányosak.

A nagyméretarányú térképezés 2°-os vagy 3°-os sávbeosztásnál, ha centiméteres elhanyagolást megengedhetünk, valamint a kisméretarányú térképezés szélesebb sávjainál, ahol ilyen elhanyagolás általában megengedhető, az

összes tényezők a B_φ helyre interpolálhatók és a koordináta-változások a

$$\left.\begin{aligned}\overline{\Delta y} &= u_\varphi\, y\, \Delta\varphi'' + u_{0\lambda}\, \Delta\lambda''\\ \overline{\Delta x} &= v_{0\varphi}\, \Delta\varphi'' + v_\lambda\, y\, \Delta\lambda''\end{aligned}\right\} \qquad (38)$$

egyszerűsített képletekből számíthatók.

Meg kell még említenünk, hogy az egyik ellipszoidhoz tartozó vetületi sávról a másik ellipszoidhoz tartozóra való átszámításnál eljárhatunk úgy is, hogy az első ellipszoidon kiszámítjuk a $\Delta\varphi$ és $\Delta\lambda$ okozta $\overline{\Delta y}$ és $\overline{\Delta x}$ koordináta-változásokat és azután alkalmazzuk a speciális esetre vonatkozó átszámítási módot, de eljárhatunk úgy is, hogy először elvégezzük a speciális esetre vonatkozó átszámítást és azután a második ellipszoidon vesszük figyelembe a földrajzi koordináták változása okozta koordináta-változásokat.

Az egyik ellipszoidról a másikra való átszámításhoz Magyarország területére *két darab egy-egy oldalas táblázat* szükséges és az átszámítás kellő gyakorlattal 15 perc alatt elvégezhető, tehát mintegy ötödannyi idő alatt, mintha a számítást úgy végeznők, hogy az egyik ellipszoidhoz tartozó *Gauss—Krüger* koordinátákból kiszámítanók a földrajzi koordinátákat, majd azokat a $\Delta\varphi$ és $\Delta\lambda$ változásokkal összevonva, a másik ellipszoidra vonatkozó földrajzi koordinátákból számítanók a hozzájuk tartozó Gauss—Krüger koordinátákat.

Lássunk egy példát.

A *Hayford*-féle ellipszoidra vonatkozóan a P pont *Gauss—Krüger* koordinátái:

$$y_I = +\,115\,675{,}380 \text{ m} \qquad x_I = 5\,125\,065{,}576 \text{ m}.$$

Kiszámítandók a *Gauss—Krüger* koordináták a *Kraszovszkij*-féle ellipszoidra vonatkozóan, figyelembevéve, hogy a háromszögelési hálózatnak az átvitele a P pont földrajzi koordinátáiban

$$\Delta\varphi = +8{,}64253'' \text{ és } \Delta\lambda = +\,5{,}34260'' \text{ változást okozott.}$$

Az első lépésnél a $\Delta\varphi$ és $\Delta\lambda$ változásokat nem vesszük figyelembe. A vonatkozó táblázatból a *Hayford* ellipszoidnál x_I helyen $D = -818$ és így

$$B = x_I + D\, y_I^2 = 5\,123\,970 \text{ m}.$$

A táblázatokat úgy szerkesztettük, hogy a szorzatokhoz az y-t 100 000 méteres egységben kell felhasználni; az y-t ebben az egységben 5 tizedesre vesszük figyelembe.

Ugyanabból a táblázatból a B helyén

$$u = -3{,}0082 \qquad \Delta B = -6{,}9955 \qquad v = -0{,}0245$$

tehát

$$_{II}y = y_I + u\,y_I \qquad = +115\,671{,}900 \text{ m}$$
$$_{II}x = x_I + \Delta B + v\,y_I^2 = 5\,125\,058{,}548 \text{ m}.$$

(Mivel ezek a koordináták még nem a végleges értékek, hanem csak kapcsoló-koordináták, a II. indexet megkülönböztetésül elől alkalmaztuk.)

A második lépés a $\Delta\varphi$ és $\Delta\lambda$ figyelembevétele.

A vonatkozó táblázatból (a *Kraszovszkij*ellipszoidnál) az előbb kiszámított $B = B_\varphi = 5\,123\,970$ m helyre

$$u_\varphi = -0{,}504\,867 \qquad v_{0\varphi} = +30{,}8773$$
$$v_{1\varphi} = -0{,}000\,23.$$

A $B_\lambda = B_\varphi + v_{0\varphi}\,\Delta\varphi'' = 5\,124\,237$ m helyre pedig

$$u_{0\lambda} = +21{,}4199 \qquad u_{1\lambda} = -0{,}000\,24$$
$$v_\lambda = +0{,}350\,261$$

tehát

$$y_{II} = {}_{II}y + u_\varphi\,y\,\Delta\varphi'' + (u_{0\lambda} + u_{1\lambda}\,y^2)\,\Delta\lambda'' = +115\,781{,}289 \text{ m}$$
$$x_{II} = {}_{II}x + (v_{0\varphi} + v_{1\varphi}\,y^2)\,\Delta\varphi'' + v_\lambda\,y\,(1 + u_\varphi\,\Delta\varphi'')\,\Delta\lambda'' + 0{,}000\,04\,\Delta\lambda''^2 =$$
$$= 5\,125\,327{,}568 \text{ m}.$$

(Az egyenletek jobboldalán az indexnélküli y-ok az $_{II}y$-nek méterre kerekített értékét jelentik.)

HOZZÁSZÓLÁSOK

HAZAY ISTVÁN előadásához

MÁJAY PÉTER

Földünk felszíni pontjainak ábrázolására minden esetben sík lapot, vagy síkba kifejthető felületet használnak. Az ábrázolás síkja maga a térkép síkja.

A felszíni pontoknak térképlapon való ábrázolása úgy történik, hogy a térszíni pontokat levetítjük az *alapfelületre* és erről az alapfelületről (originálfelületről) visszük át, vagy vetítjük át a pontokat valamilyen törvényszerűség szerint a *képfelület*re.

Alapfelületül a Föld fizikailag definiálható alakját, a *Geoid*ot jól megközelítő felületet, a *forgási ellipszoidot* szokták használni. Ezen az originálfelületen valamely pont helyét a φ ellipszoidikus szélesség és λ ellipszoidikus hosszúság határozzák meg. A vetítési törvényeket kifejező matematikai egyenletek szolgálnak arra, hogy az originálfelületen megadott φ, λ ellipszoidikus koordinátákat a térképezés síkjában választott koordináta-rendszerre vonatkozó y, x síkkoordinátákká alakítsák át. Azt a módszert, amellyel a φ, λ ellipszoidikus koordinátákból y, x síkkoordinátákhoz, vagy megfordítva, a síkkoordinátákból ellipszoidikus koordinátákhoz jutunk, vetítésnek, a síkot vetületi síknak nevezik.

A koordináták átszámításának megkönnyítésére rendszerint a vetítési törvények, matematikai egyenletek sorbafejtett alakját használják. A sorok együtthatóit táblázatokba foglalják.

A különböző országok saját országuk felmérésénél különböző vetületeket alkalmaznak, sőt még egy országon belül is előfordul, hogy többféle vetületi síkot használnak. Így nálunk ma is alkalmazásban van a stereografikus vetület és egyideiűleg a ferdetengelyű hengervetület is. Nemcsak a vetületi sík különbözik azonban az egyes országokban, hanem maga az originálfelület is országok szerint más és más. Nálunk jelenleg a *Bessel*-féle forgási ellipszoid az originálfelület, a Szovjetunióban a *Kraszovszkij*-féle ellipszoid van alkalmazásban, több nyugati államban a *Hayford*-féle ellipszoidot használják. Ezek az ellipszoidok egymástól méretekben, sőt alakban is különböznek. Éppen ezért ugyanazon földi pontnak mindegyik ellipszoidon más és más ellipszoidikus koordináták felelnek meg, még akkor is, ha az egyes ellipszoidok forgási tengelyét összeesőnek tekintjük.

Utóbbi időben mind több országban felmerült az a javaslat, hogy az egyes államok egységes alapfelületet fogadjanak el. Ebben a kérdésben azonban az államok között még nem jött létre megállapodás. A vetületet illetően azonban megállapodás nélkül is mind több és több állam vezeti be a *Gauss—Krüger* vetületet, úgyhogy a Gauss—Krüger vetületet ma már *nemzetközi vetületnek* lehet tekinteni.

Mindaddig, amíg különböző ellipszoidok vannak alkalmazásban, felmerül annak szüksége, hogy az egyik ellipszoidra vonatkozó Gauss—Krüger vetületen megadott pont síkkoordinátáit átszámítsuk a másik ellipszoidra vonatkozó Gauss—Krüger síkkkoordinátákra.

Ez az átszámítás eddig úgy történt, hogy az egyik ellipszoidhoz tartozó Gauss—Krüger síkkoordinátákból kiszámították sorok segítségével a pont

ellipszoidikus koordinátáit. Ismerve a két ellipszoid méreteinek különbségéből származó ellipszoidikus koordináta-különbségeket, kiszámíthatók a pontnak a másik ellipszoidon a φ, λ koordinátái. Azután ismét a másik ellipszoidra vonatkozó sorok segítségével számíthatók a pont síkkoordinátái a másik ellipszoidra vonatkozó Gauss—Krüger vetületen.

Hazay István érdeme, hogy a sorok nehézkes alkalmazása helyett olyan összefüggést talált a λ ellipszoidikus hosszúság és y síkkoordináta között, amely egyszerű és gyors átszámítást biztosít a szokásos vetületi átszámítások élességének túllépése nélkül. *Hazay István új eljárása* ugyanis teljesen kikapcsolja a φ és λ ellipszoidikus koordináták kiszámítását és így a terjedelmes táblázatok használatát is. Az átszámításhoz csupán egy-egy oldalra terjedő, két könnyen kezelhető egyszerű segédtáblázatra van szükség.

Hazay István most ismertetett átszámítási eljárása méltóan kapcsolódik azokhoz az új vetületi átszámítási eljárásaihoz, amelyeknek egyikét — a szomszédos vetületi sávok közötti átszámításokra vonatkozót — a *Magyar Tudományos Akadémia* mult évi *ünnepi hetén*, a másikát pedig — a nagyméretarányú térképezés sávjairól a kisméretarányú térképezés sávjaira történő átszámításokra vonatkozót — a közelmultban az *Akadémia Geodéziai és Geofizikai Bizottsága ülésén* ismertette és ezzel a mai e tárgyban befejező előadásával az átszámítások kivitelére elméletileg helytálló és gyakorlatilag jól használható teljes megoldást adott. Magyarország most tér át a Gauss—Krüger vetületi rendszerre és így az új átszámító eljárások előnyeit jelentékeny módon tudjuk majd hasznosítani.

MOLNÁR LÁSZLÓ

Az előadásban ismertetett módszerrel Magyarország területén az egyik ellipszoidról a másikra való átszámításhoz mindössze csak két darab egy-egy oldalas táblázat szükséges. Tekintettel arra, hogy a gyakorlatban valóban minden említett átszámítás előfordulhat, javasolom, hogy a Magyar Tudományos Akadémia az előadó Hazay István főmérnököt kérje fel ezeknek az átszámító táblázatoknak elkészítésére. A legcélszerűbb volna ezeket minden lehetőségre számítva elkészíteni, tehát a Kraszovszkij-féle, a nemzetközi (Hayford-féle) és a Bessel-féle ellipszoid között előfordulható mindhárom esetre, illetőleg ezen esetek fordítottjaira is.

Tudomásom szerint az Akadémia kiadásában éppen most jelenik meg a Gauss—Krüger-féle koordináták kiszámításához szolgáló táblázatokat tartalmazó könyv. Célszerű volna, ha ezek az átszámító táblázatok is már benne volnának ebben a könyvben, mert így az mindhárom fajta ellipszoiddal kapcsolatban használható volna.[1]

[1] *Hazay—Tárczy-Hornoch: »A Gauss—Krüger koordináták számítása«* című és a hozzászólásban említett könyv 1951. december végén már meg is jelent. A szóbanforgó táblázatok a Kraszovszkij- és a Hayford-féle ellipszoidok közötti átszámításokhoz a könyvben megtalálhatók. (Szerk.)

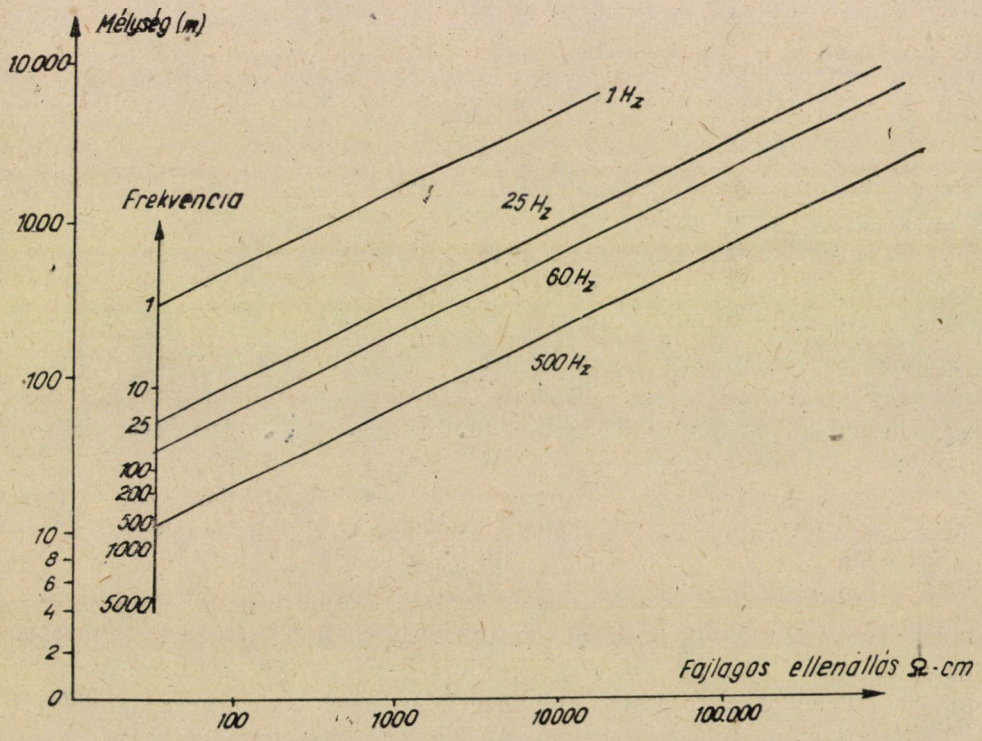
HAZAI GEOELEKTROMOS KUTATÁSOK

KÁNTÁS KÁROLY

Mindazoknál a geofizikai módszereknél, melyeknél kívülről vezetünk valamilyen energiát a földbe, a kutatónak az első kérdés, amit tisztáznia kell: miként viselkednek az egyes rétegek, kőzetek a bevezetett energiával szemben; egyszóval mik a terjedési viszonyok?

Elektromos kutatásoknál is ennek a kérdésnek kell az elsőnek lenni, midőn az áramfajta megválasztását kívánjuk eldönteni.

Az 1. ábra a különböző frekvenciájú váltakozó áramok mélybehatása és



1. ábra

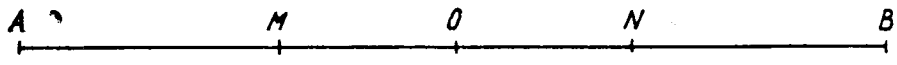
a vezető kőzeg fajlagos ellenállása között adja meg az összefüggést. A táblázatban feltüntetett értékeknél a permeabilitás = 1, az eltolási áramot elhanyagol-

tuk. A behatolási mélység alatt azt a távolságot értjük, melynél a felszíni áramsűrűség az 1/e-ed részére csökken. Amint látható, elég kis, 500 frekvenciájú váltóáram 100 ohm-méter fajlagos ellenállású kőzegben 100 m mélységig hatolhat be, tehát váltakozó áramot kutatási célra csak korlátozott mélységig alkalmazhatunk. Ezzel ellentétes közléseket megbízható irodalmi adatok nem támasztják alá. Mindamellett meg kell jegyeznünk, hogy vannak kutatási problémák, melyek csak váltakozó áramok alkalmazásával oldhatók meg.

Az elektromos kutatómódszerek alapja az egyes geológiai formációk különböző fajlagos vezetőképessége, különböző fajlagos ellenállása.

E mérésekhez legáltalánosabban használt a 4-elektródás berendezés (2. ábra).

Az A B elektródákon I intenzitású áramot vezetünk a földbe, M és N elektródákon pedig mérjük a potenciálkülönbséget. A harántolt kőzetek (geológiai képződmények) fajlagos ellenállása $\varrho = K\frac{\Delta V}{I}$ formulából adódik. I az elektródákon átfolyó áramerősség, ΔV az M és N elektródák közt mért potenciál-



2. ábra

különbség, K pedig numerikus együttható, mely az $AMNB$ pontok geometriai elhelyezésének a függvénye.

Homogén izotrop közegben ϱ értéke független az alkalmazott áramerősségtől, az elektródarendszer ($AMNB$) méreteitől, s a közeg *valóságos fajlagos* ellenállását adja.

Heterogén közegben (mint általában a legtöbb geológiai képződmény) a helyzet más. ϱ értéke függ általában az $AMNB$ méreteitől és az altalaj fajlagos ellenállásának eloszlásától. Ebben az esetben a ϱ értékét *látszólagos fajlagos ellenállásnak* szokás nevezni.

Könnyű belátni, hogy annál nagyobb tömegek kapcsolódnak be a mérőelektróda rendszerünk hatáskörébe, minél nagyobb távolságra helyezzük az A és B pólusokat, az árambevezetések helyeit.

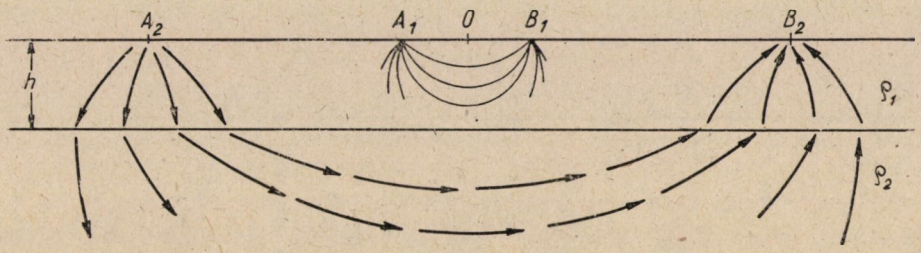
A kutatásnak két alapvető típusa van. Az egyiknél az $AMNB$ elektróda méreteit növelve (egy pont körül), mind mélyebb-mélyebb rétegeket vonhatunk be vizsgálataink, kutatásaink körébe. E módszerrel tehát megállapíthatjuk a fajlagos ellenállás változását a mélységgel. Ez az ú. n. *elektromos szondázás.*

A másik módszernél konstans $AMNB$ elektróda távolsággal mérünk a felszín különböző pontjain. Konstans lévén a mélyhatás, a kapott ellenállásváltozások a különböző ellenállású rétegek vastagodására vagy vékonyodására jellemzőek.

Összegezve azt mondhatjuk, hogy az *elektromos szondázás* a fajlagos ellenállás vertikális változását, az *elektromos térképezés* konstans elektróda távolsággal pedig a fajlagos ellenállás vízszintes változását adja.

Vegyünk fel két homogén izotróp réteget, melyek felszíne párhuzamos a föld felszínével s végtelen kiterjedésűeknek vehetők. A felső réteg fajlagos ellenállása ϱ_1 s a felszíntől mért vastagság h; az alsó réteg fajlagos ellenállása ϱ_2 s lefelé is végtelen kiterjedésű (3. ábra).

Ha olyan mérőberendezéssel dolgozunk, melynek A_1B_1 elektróda távolsága h-nál kisebb, a kapott ϱ_a látszólagos fajlagos ellenállása egyenlő ϱ_1-el. Az egész áram kizárólag a felső rétegben halad. Ha olyan elektróda méretet



3. ábra

választunk, melynél $A_2B_2=5h$, akkor a kapott ϱ_a értéke közeledik ϱ_2-höz, végül ha $AB = \infty$, a ϱ_a egyenlő lesz ϱ_2-vel. A ϱ_a tehát függvénye az AB távolságnak és értéke ϱ_1 és ϱ_2 közé esik. Az összefüggést a 4. ábrán láthatjuk. $L = AB$ a pólusok távolsága.

A kapott görbe analizálása megadja ϱ_1 és ϱ_2 értékét (az egyik a baloldali, a másik a jobboldali aszimptóta), valamint h-t.

A ϱ_a értéke ϱ_1 és ϱ_2 közé esik s h vastagságú réteg esetén $AB=L$ hosszal mérhető. Könnyen belátható, hogy $2h$ rétegvastagság esetén $AB=2L$ hosszúsággal. $3h$ esetén pedig $AB=3L$ hosszúsággal határozhatjuk meg ϱ_a-t. Tehát az I. görbe ismeretében grafikusan megkonstruálható a II. és III. görbe a $2h$, ill. $3h$ értékeknek megfelelően. Ha pedig fúrási adatból h, azaz a ϱ_1 fajlagos ellenállású réteg vastagsága ismeretes, akkor meghatározható, mekkora vízszintes távolítása szükséges a pólusoknak (AB) a h_1 mélység eléréséig.

Másképpen megfogalmazva a dolgot, MN/AB viszonyt állandónak tételezve fel, a problémát a következő típusú egyenlettel fejezhetjük ki:

$$\frac{\varrho_a}{\varrho_1} = F\left[\frac{L}{h}; \frac{\varrho_2}{\varrho_1}\right].$$

Két réteg esetén, ha az elsőnek a vastagsága h_1:

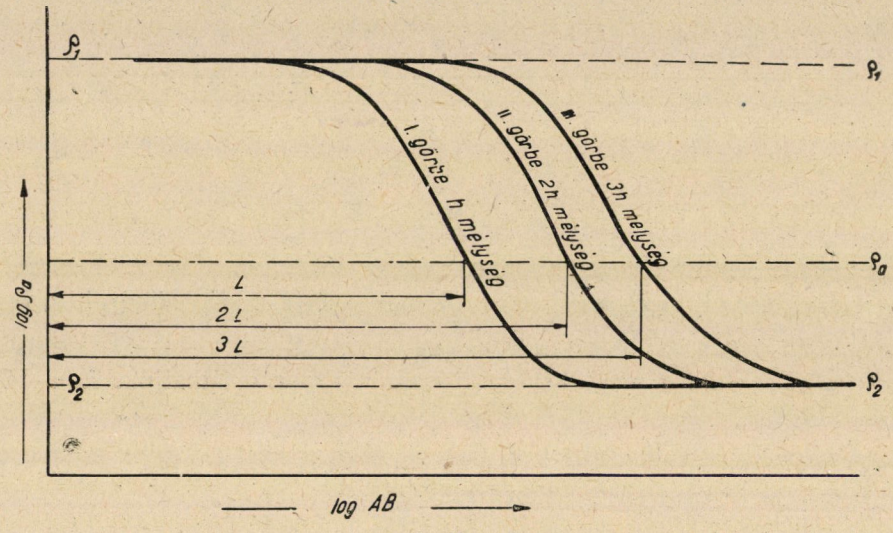
$$\varrho_a = F(L, h_1, \varrho_1 \varrho_2).$$

Három réteg esetén, ha az első két réteg vastagsága h_1 és h_2 és a fajlagos ellenállásaik ϱ_1 és ϱ_2

$$\varrho_a = F(L, h_1, h_2, \varrho_1, \varrho_2, \varrho_3).$$

Számítással ilyen alapon görbesereg szerkeszthető, mely a mért eredmények értelmezését megkönnyíti.

Két réteg esetében, midőn a felső réteg fajlagos ellenállása 480 ohm, az alsó rétegé pedig $= \infty$, és az alsó réteg lefelé végtelen kiterjedésű az 5. ábra szerinti diagramm szerkeszthető. A ϱ_a értékek ki vannak számítva 5 m-től 125 méter felső réteg vastagságig. A ϱ_a értékek az ordináták, AB távolságok pedig az abszcisszák.



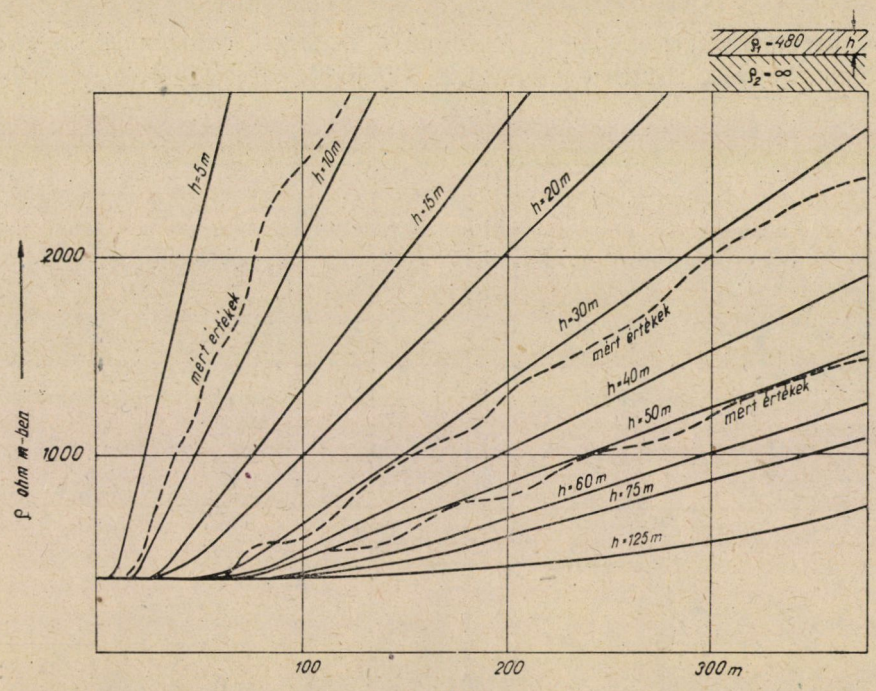
4. ábra

Az értelmezés úgy történik, hogy a terepen mért értékekből számított görbéket összehasonlítjuk az elméleti görbékkel s a mélységet interpolációval kapjuk meg.

Elektromos térképezésnél konstans $AMNB$ elektróda-távolsággal mérünk a felszín különböző pontjain. A kapott látszólagos fajlagos ellenállások értéke attól függ, milyen fajlagos ellenállású képződmények esnek az elektródarendszer hatósugarába. ϱ_1 és ϱ_2 fajlagos ellenállású képződményeket takarja valamilyen homogén takaró réteg, az eredményt ebben az esetben a 6. ábra adja.

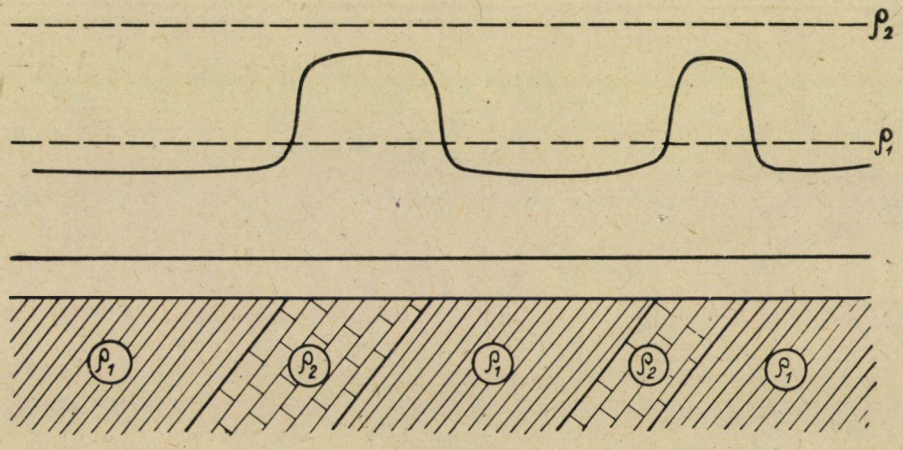
Nézzük, hogy hazai kutatásainknál mi módon alkalmazhatjuk e két alapvető módszert.

Az egyik vidékünkön a bauxit közvetlenül a triász mészkőre települt, fedőrétege vékony agyag, majd eocén mészkő. Az eocén mészkő felett rendszerint



5. ábra

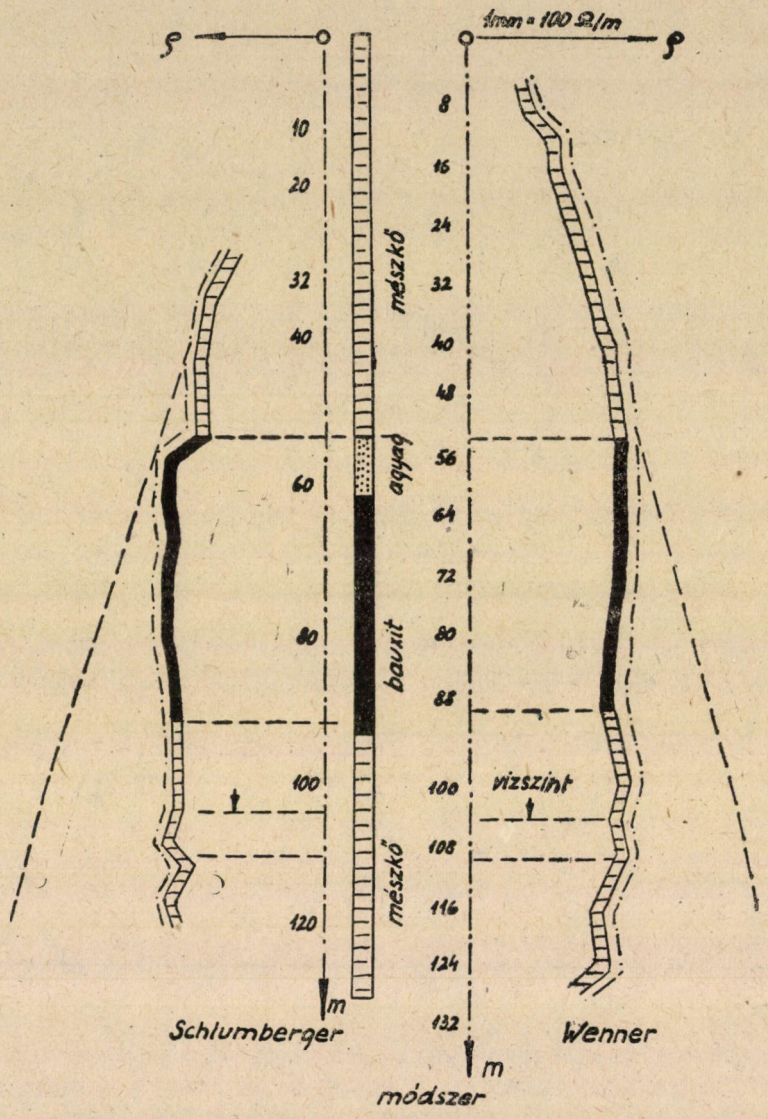
egészen vékony humuszréteg található. Ha eltekintünk a felső vékony humuszrétegtől és a bauxitot közvetlenül fedő agyagtól, akkor a probléma három-



6. ábra

rétegprobléma. Kísérleti méréseink — melyeket tavalyi előadásomban már jeleztem — igazolták, hogy a probléma megoldható elektromos szondázással. A 7. ábra kétfajta szondázás eredményét mutatja a fúrási szelvénnyel egybe-

vetve. Eredményeink alapján a Maszobal a módszert rendszeresítette s ma úgy tűnik, hogy az elektromos szondázás a bauxitkutatás egyik legeredménye-



7. ábra

sebb eszköze. Nem feladatunk, hogy a kutatás eredményeiről beszámoljunk ugyanis a módszer most már a célkutatás birtokába került. Az ábrán kétfajta szondázás eredményét láthatjuk. Az egyik az ú. n. Wenner-féle eljárással készült, a másik Schlumberger-félével. A fedő mészkő alja, ill. a bauxit-agyag

teteje mindkét eljárással készült görbéből leolvasható, azonban éles határt a Schlumberger-féle mérés ad. Ez a példa azt mutatja, hogy nemcsak annak az eldöntése fontos, hogy szondázást, vagy térképezést (profilozást) végezzünk-e, hanem a szondázásnál az is mérlegelendő, hogy melyik eljárással kaphatunk jobb eredményt. Ezt mindig a kutatás megkezdése előtt próbamérések alapján kell eldönteni. Természetesen nem kizárólagos módszere a bauxitkutatásnak az elektromos szondázás ; minden probléma nem oldható meg csupán e módszerrel, azonban ez a fő módszer, a többi kutató módszer ennek csupán kiegészítője. Amennyiben a bauxit összefüggő réteget képez, a szondázások eredményei alapján meghatározható a bauxittest mélysége és vastagsága, e két fontos tényezője a bányászatnak.

Abban az esetben, ha a fedőréteg nem mészkő, hanem pl. kisebb fajlagos ellenállású agyag, a bauxitréteg tetejének meghatározása nehéz feladat, viszont a mészkő fekü reliefje ebben az esetben is meghatározható. Zavart okozhatnak a kutatásoknál a vizes rétegek. Ezek hatása azonban körültekintéssel eliminálható, ill. megfelelő metodikával csökkenthető.

A másik fontos elektromos kutatómódszer az elektromos térképezés, azaz egyenlő hatósugarú elektromos berendezéssel a felszín különböző pontjain az áram által átjárt rétegek átlagos fajlagos ellenállásának meghatározása.

Ha egyetlen homogén rétegünk van, akkor az átlagos, ill. látszólagos fajlagos ellenállás e réteg fajlagos ellenállásával egyenlő. Ha két különböző fajlagos ellenállású rétegünk van, akkor a mért átlagos ellenállás e kettő eredője. Előnyösen használható e módszer, ha a különböző fajlagos ellenállású rétegek (mint a 6. ábrán) közel vertikális állásúak, vagy pedig ha két réteg probléma esetén az alsó rétegben ugrásszerű változás, vetődés található (8. ábra).

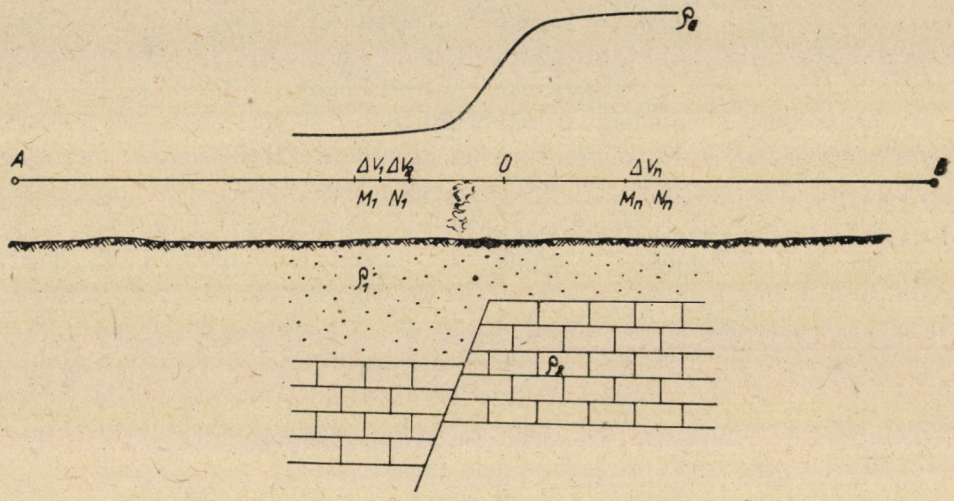
Ha a vető irányára merőlegesen végezzük a mérést konstans elektródatávolsággal, vagyis profilt készítünk a vető irányára merőlegesen (természetesen az elektróda rendszer hatósugarának oly nagynak kell lenni, hogy az alsó réteg hatása is érvényesüljön) s egyszerűség kedvéért két homogén réteg létezését tételezzük fel, akkor a ϱ_a értékekre a 8. ábrán látható görbét kapjuk. A probléma itt is, mint minden geofizikai mérésnél az, hogy milyen felszínalatti geológiai formációt reprezentál ez a görbe. A probléma megoldására szerkeszthetünk — a potenciálelmélet alapján levezetett, vagy modellkísérletek alapján — görbesereget, amelyekkel összehasonlítva a kapott eredményt, közeljuthatunk a megoldáshoz. A számítás és értelmezés azonban egészen leegyszerűsített felszínalatti alakzatokra végezhető el. Tavalyi előadásomban rámutattam az értelmezés egyik fő nehézségére, nevezetesen arra, hogy a tér, melynek a deformációját vizsgáljuk, eléggé komplikált.

Lényegesen egyszerűbb lenne a helyzet, ha olyan elektromos teret tudnánk létrehozni, melynél az áramvonalak párhuzamosak lennének homogén izotróp altalajban.

Nagyméretekben, mély struktúrák esetén a tellurikus áramok nyujtanak segítséget. Két dimenziós tárgyalás esetén (hosszú struktúra) azt találtuk, hogy

$$j \approx \frac{I}{h}.$$

Vagyis az áramsűrűség (j) fordítottan arányos a rétegvastagsággal (h). Nagy mélységek esetén mesterségesen megvalósíthatatlan még kis területen is az, hogy az áramvonalak párhuzamosak legyenek. Közepes mélységeknél — tehát esetünkben — 3—400 m-nél meg lehet közelíteni ezt az ideális esetet. 3—4000 m árambevezető elektróda (AB) távolság esetén ugyanis az elektródarendszer közepétől számított (O) 2—400 m közben — homogén altalajt feltételezve — az áramvonalakat gyakorlatilag párhuzamosaknak vehetjük.



8. ábra

Az eltérést kikorrigálhatjuk azáltal, hogy a

$$V_M - V_N = \Delta V = \frac{I \cdot \varrho}{2\pi}\left(\frac{1}{AM} - \frac{1}{BM} - \frac{1}{AN} + \frac{1}{BN}\right)$$

formulából a felső rétegre ϱ_1 ismerete alapján kiszámítjuk a normális ΔV értékeket s ezeket levonva a mért értékekből, a megmaradó anomáliaértékek megközelítőleg olyanok, mintha párhuzamos áramvonalakkal dolgoztunk volna. Gyakorlatilag annyit jelent ez, hogy ha pl. az árambevezető elektródákat 5 km távolságra helyezzük, akkor a középtől számított 250—250 m távolságon megközelítőleg teljesül a feltételünk. Ekkor azután a mérés metodikája a következő lehet :

Az AB elektródákat úgy helyezzük el, hogy a vizsgálandó anomáliát kb. fedje, s az anomália lehetőleg a rendszer (O) pontja alatt legyen. Meghatározott

elektróda távolsággal a O-ponttól balra 250 m-től folyamatosan mérjük a ΔV_1, $\Delta V_2 \ldots$ értékeket. Felszíni mérésekből levezetett ϱ_1 értékkel kiszámítjuk az elektróda rendszer geometriai faktora ismeretében azokat az értékeket, melyek előállnának a ϱ_2 jelenléte nélkül. Ezeket levonva a mért értékekből, a korrigált $\Delta V_1'$, $\Delta V_2' \ldots$ értékekhez jutunk. Mivel ezek az áramvonalak párhuzamos részére esnek, megközelítő formulaként — a $\Delta V'$ ugyanis arányos az áramsűrűséggel — írhatjuk, hogy

$$\Delta V_1' = C \frac{I}{h_1}.$$

Tehát a mért potenciálkülönbség fordítottan arányos a mélységgel. Ennél az eljárásnál tehát csak az M és N elektródák mozognak az A és B elektródák egy ugyanazon helyen maradnak. Úgy, hogy a kábelmozgatásokkal járó nagy munka elesik.

Ezzel az eljárással egyébként, ha a kvantitatív számításokat mellőzzük is, a vető helye mindig kimutatható.

Eddigi tárgyalásainkban minden zavaró külső körülménytől eltekintettünk.

Ha az A és B elektródákhoz egyenáramot vezetünk, a méréseinket két tényező befolyásolja, ú. m. *a)* az elektródákon fellépő polarizációs áram, mely gyengíteni igyekszik a bevezetett áramot, *b)* elég nagy távolságon történő méréseknél a földkéregben állandóan keringő tellurikus áramok rendszertelenné tehetik az egész mérést.

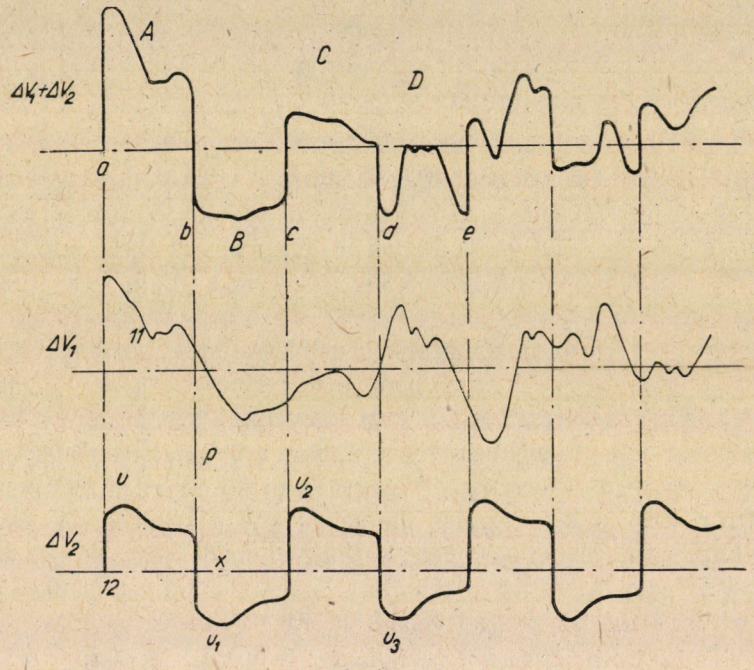
Az első zavaró jelenség némiképen megszüntethető polarizációmentes elektródák alkalmazásával, a második pedig kompenzálással. Gyakorlatban azonban egyiknek a keresztülvitele sem kényelmes, s a megoldás sem teljes.

Kisebb AB távolságú méréseknél, ahol a mélyhatás nem nagy, a problémát egyszerűen úgy oldották meg, hogy reverzált egyenáramot vezettek az áramelektródákhoz s a reverzálás ütemében változtatták az M és N mérő elektródákhoz kapcsolt potenciométer sarkait. Ilymódon elérték azt, hogy polarizációs áram nem lépett fel, a tellurikus és lokális áramok pedig hol hozzáadódtak a méréshez, hol pedig levonódtak. Elég gyors váltakozás esetén (mpként 10—15) nagy lengésidejű galvanométer nem tudta követni a lokális áramokból eredő kitérést, így tehát ezekre a hatásokra érzéketlen maradt. Látszólag tehát a probléma megoldódott. Nagy AB távolság esetén, amikor a mélyhatás is nagy ilyen szapora áramváltások mellett, a hosszú kábel indukáló hatása folytán az áramok nehezen stabilizálódnak, a skin hatás folytán pedig — különösen nagyobb frekvenciák esetében — az áram a talaj felszínére korlátozódik. S mindezek mellett — nagy távolságokról lévén szó — a tellurikus áramok megfelelő komponense bizonyos esetekben nagyobb lehet, mint a mérendő feszültségkülönbség.

Az elmondott zavaró hatásokat a következőképpen küszöbölhetjük ki: Az A és B elektródákhoz vezetett áramot olyan időközökben reverzáljuk, hogy

indukciós hatás ne lépjen fel. Ha 20—30 mp-ként végezzük a reverzálást, a gyakorlatban kielégítő eredményt kapunk. Egyidejűleg egy vagy több pár (*M N*) elektródán mérjük, helyesebben regisztráljuk a potenciálkülönbséget.

Az így nyert diagrammokban a regisztrált tellurikus áramok a fél periódusok alatt az egyik vagy másik értelemben szuperponálódnak a kívülről a talajba vezetett áramra (9. ábra). A kapott diagrammból azután széjjelválaszthatjuk a két különböző hatást. Megjegyzendő, hogy e módszerrel a tellurikus áramokat is felhasználhatjuk egyidejűleg kutatásaink céljaira. Amint az előző ábrából látható, kiválasztható a diagrammból olyan szakasz, ahol a tellurikus áramok kevéssé zavarnak, változásuk elég kicsiny. Megtörténhetik az, hogy a regisztrálást fél-, sőt egy óra hosszáig is folytatnunk kell, hogy megfelelő nyugodt periódushoz jussunk.



9. ábra

Abban a ritka esetben, ha a tellurikus áramok a felvétel egész ideje alatt annyira gyorsan és szabálytalanul változnak, hogy nem találunk analizálásra alkalmas csillapodottabb szakaszt, akkor is felhasználhatjuk az észlelés eredményét, ha az áramváltozások tökéletesen szabályos időközökben ismétlődtek. Tehát erre az utóbbira mindig tanácsos nagy figyelmet fordítanunk. Az ábrán a ΔV_1 a tellurikus áramok által létrehozott potenciálkülönbség, ΔV_2 a kívülről bevezetett szabályos időközökben reverzált potenciálkülönbség, $\Delta V = \Delta V_1 + \Delta V_2$, ill. $\Delta V_1 - \Delta V_2$ az eredő potenciálkülönbség. Amint látható a két potenciál-

különbség jól szétválasztható. A tellurikus áramokkal való kutatásnál mint hiányosságot állapítottuk meg, hogy nem szolgáltatnak abszolút mélységértékeket. A mélységszámítást csak úgy tudjuk elvégezni, ha egy ponton ismertük a mélységet, ill. a rétegvastagságot. A most javasolt módszer e hiányosságot kiküszöböli, ugyanis két rétegprobléma esetén a mélység, ill. a rétegvastagság nagy mélységekre is számítható az előadás elején ismertetett összefüggések alapján.

Összegezve az elmondottakat, megállapíthatjuk, hogy az elektromos ellenállásmérés, melynek használhatóságára bauxitkutatás terén a soproni Munkaközösség hívta fel a figyelmet, eredményes kísérletei alapján, teljes reményünket beváltotta. Ma eszközeink már a célkutatás területén dolgoznak. Jelen előadásban a vetők és az altalaj reliefje meghatározásának a problémájára mutattunk rá s ezeknek a problémáknak elektromos ellenállásméréssel lehetséges megoldására. Olyan módszert adtunk, melynél az eddig zavaró körülmények nem lépnek fel s e módszer bizonyos tekintetben a tellurikus áramokkal való kutatómódszer kiegészítése is. Olyan helyen is alkalmazható, ahol amaz a kóbor áramok zavaró hatása miatt nem ad kellő eredményt.

Nem volt célunk az előadással kiterjeszkedni az elektromos ellenállásméréssel megoldható geofizikai problémák összességére, csupán néhány újabb gondolatot szerettünk volna nyujtani a kutatóknak. Nem emlékeztünk meg a természetes potenciálmódszerről, mely egymagában is számtalan probléma megoldását teszi lehetővé, különösen az érckutatás területén, csupán annyit említettünk, hogy a természetes földi áramok zavaró hatását is kiküszöböljük a tellurikus áramok zavaró hatásával együtt. A kiküszöbölés sok esetben mérést, ill. kikompenzálást jelent, tehát az előadott méréseknél majdnem minden alkalommal ezt is el kell végezni. így minden külön fáradság nélkül ennek a fontos adatnak is a birtokába jutunk, s az értelmezésnél felhasználhatjuk.

Hazai viszonylatban a fúrólyuk elektromos szelvényezése kivételével az összes eddigi elektromos mérések kísérletek voltak csupán, több-kevesebb eredménnyel. Az elmúlt esztendő megmutatta, hogy az elektromos módszerrel is lehet komoly eredményt felmutatni. Munkaközösségünk a tellurikus áramokkal való kutatómódszer kidolgozásán fáradozik, egyelőre még az eszközeinket konstruáljuk hozzá, reméljük azonban, hogy a jövő esztendő ezen a téren is meghozza a sikert. Természetesen emellett egyéb kutató módszerek és eljárások használhatóságát is tanulmányozzuk, hogy az adott problémákat megoldhassuk. Így pl. ezévi kísérleteink alapján a letakart triász mészkő domborzatának kimutatására a bauxitkutatás terén a gravitációs kutatás is komoly eredménnyel kecsegtet.

A kutatás fárasztó, mivel sokszor primitív eszközökkel kell a rögös utat járnunk, de a már egyszer megindult munka mindig nagyobb lendülettel halad tovább.

IRODALOM

1. *Schlumberger, M.:* The applications of telluric currents to surface Prospecting. Communications au Congrès de l'Union Géodésique Internationale. Washington, 1939.

2. *Migaux Léon:* Une méthode nouvelle de Géophysique appliquée: la prospection par courants telluriques. Annales de Géophysique, vol. II. 1946.

3. *Dachnov V. N.:* Promiszlovája geofizika, 1947, Moszkva.

4. *Boissonnas E.:* Geophysical explorations by telluric currents, with special reference to a Survey ot fhe Haynesville Salt Dome, Wood Country, Texas, Geophysics, vol. XIII. No 3, 1948.

5. *Migaux Léon:* Quelques exemples d'application de la méthode Tellurique. Communication au Congrès Géologique International de Londres, Août 1948.

6. *Poldini, E.:* Interprétation Tectonique des variations du champ tellurique. Bulletin de l'Association Suisse des Géologues et Ingénieurs du Pétrole, vol. XVII, No 52, 1950.

7. *Poldini, E.:* La prospection électrique du sous-sol à faible profondeur. Gènie Civil — Hydrologie — Mines. Paris, 1951.

8. *Baranov V.:* Interprètation quantitative des mesures en prospection par courants telluriques. Proceedings Third World Petroleum Congress, 1951.

HOZZÁSZÓLÁSOK

FEIGLY BÉLA

Kántás professzor előadásához, melyben a hazai geoelektromos méréseket összefoglalóan tárgyalta, néhány — a gyakorlati kivitelezésnél észlelt — tapasztalati tényt szeretnék hozzáfűzni.

A Soproni Geofizikai Munkaközösség foglalkozik többek között azzal a gondolattal, hogy a geoelektromos méréseknek hazai viszonylatban való alkalmazhatóságát kivizsgálja és a célkutatás rendelkezésére bocsássa. Ennek egyik fejleménye volt a MASZOBAL-lal történt megegyezés értelmében, hogy Visinszky Borisszal — a vállalat geofizikusával — geoelektromos méréseket végeztünk a bauxit felkutatási lehetőségeire.

Kísérleti mérési módszerünk az előadás első részében tárgyalt ú. n. szondázás volt négy elektródával. Reverzált egyenáramot vezettünk az *A—B* elektródákhoz és a reverzálás ütemében változtak az *M—N* mérőelektródákhoz kapcsolt potenciométer sarkai is. Ezen kettős kommutátor (pulzátor) beiktatásával összeállított mérőberendezéssel azután már a fúrási adatokból ismert, tehát kellőképpen feltárt, lényegében a háromréteg-probléma körébe tartozó területen végeztünk kísérleti méréseket. Feltárt területen azért kellett méréseket végeznünk, hogy a geoelektromos mérésekből nyert adatok megbízhatóságát megvizsgáljuk és ennek ismeretével még fel nem tárt mezőre térjünk át. Az így nyert mérési adatoknak a fúrási adatokkal való egybevetésénél meglepő egyezést találtunk, ami nemcsak a mérési módszer helyes megválasztását, hanem az előadásban ismertetett számítási eljárás exaktságát is igazolja. Eljárásunknál az ú. n. Wenner-módszerrel párhuzamosan Schlumberger-módszerrel is dolgoztunk és arra a megállapításra jutottunk, hogy kisebb mélységnél a Wenner-féle, nagyobb mélységeknél pedig a Schlumberger-féle módszer ad szelektálóbb eredményeket. (Ez a megállapítás a kísérleti mérésekre vonatkozik.)

Ami az egész — közel féléves — mérési sorozatot illeti, úgy találtuk, hogy általában a Schlumberger-módszer a szelektálóbb és amellett gyorsabb, mint a Wenner-féle, mert csak a két árambevezető elektróda mozog s így a figuránsok megterhelése kisebb.

Az előzetes pozitív mérési eredmények birtokában megkezdtük a célkutatást. Minthogy megfelelő szállítóeszközök nem álltak rendelkezésre, a pulzátor a rázkódtatások következtében elromlott. A kutatás sürgősségére való tekintettel viszont nem állt módunkban a helyrehozatallal huzamosabb időt eltölteni, s így kénytelenek voltunk a pulzátort kiiktatni és kézi megszakításos egyenárammal dolgozni. Ez ugyanazon mérési módszer, mint az előbbi, csak a polarizáció okozta hatások lehető kiküszöbölését állandó áram szolgáltatásánál komutátor beiktatása helyett áramimpulzusokkal oldja meg. Megbízhatóságát ellenőrizendő a már előbbi berendezéssel felmért területen ismétlő méréseket végeztünk.

A két mérőberendezés mérési adatait összehasonlítva, a következő megállapításra jutottunk :

A kettős kommutátor beiktatásával összeállított műszer pontosabb eredményeket szolgáltat. A fúrási adatokkal való egyezése — hibaszázalékban kifejezve — megbízhatóan 5% alatt van. Ugyanazon helyeken végzett elektro-

mos mérések megismétlésekor gyakorlatilag ugyanazon eredményeket kaptuk vissza. Előnyként felhozható még, hogy magát a mérés technikai kivitelezését kevésbbé begyakorolt kutató is el tudja végezni. Hátrányként lehet felhozni a drágább beszerzési költséget és a terepen — megfelelő szállítóeszköz hiányában fellépő — súlytöbbletet: ugyanis a pulzátor meghajtásához szükséges akkumulátor szállításáról is kell gondoskodni.

A megszakításos egyenárammal dolgozó méróberendezésnél a pontosság megbízhatóan a 10% hibahatár alatt van, mert mint az előadó is ismertette: a polarizáció és a tellurikus áramok hatása nem kompenzálódik. Mindenesetre kisebb súlya miatt — nincs szükség pulzátorra és akkumulátorra — kedvezőbb és mozgékonyabb terepen. A mérés pontos mechanikus kivitele azonban már nagy tapasztalatot és gyakorlatot kíván. Ugyanis ki kell tapasztalni azt az időintervallumot, melyben áramot szolgáltathatunk, mert ha helytelenül teszszük ezt, az előbb említett polarizáció okozta eltérések a mért potenciálkülönbségek többszörösei lehetnek.

Ami az elektródák elhelyezését illeti, arra különösen ügyelni kell a zavaróhatások lehető kiküszöbölése miatt. Megemlítem saját tapasztalatomból pl., hogy az egyik mérési helyünk közelében a honvédség távbeszélő gyakorlatokat végzett és míg a tábori telefon működött, ellentmondó értékeket kaptam. Kuriózumképpen szabad megemlíteni, hogy a zavaróhatás kölcsönös volt.

Egy másik tapasztalati tény az elektródák elhelyezésénél az volt, hogy a közel felszíni, vagy egészen felszíni rétegekben fellépő jelentős vezetőképességkülönbség erősen torzítja a tényleges képet. Pl. az egyik felkutatandó területen az elektródák egy kiszáradt patak közelében voltak elhelyezve. Mivel a patakmeder a szárazság ellenére a környezethez képest mégiscsak lényegesen nedvesebb volt, nem kaptunk interpretálható képet.

Vagy pl. esőben, vagy közvetlenül eső után a mérések a leszálló víz okozta zavaró hatások — ionkoncentráció-változások — miatt ellentmondásba kerültek.

A mérések kivitelezésénél nem szabad a kutatónak egy meghatározott sablonhoz kötni magát, hanem rugalmasan és mindig a helyi viszonyoknak és adottságoknak megfelelően, azok mérlegelésével kell a legalkalmasabb elektródakonfigurációt megválasztani.

Méréseink folyamán a bauxitkutatáson kívül más problémák megoldása is felmerült és úgylátszik, hogy ez a módszer más feladatok megoldására is alkalmas. Pl. elfogadható bizonyossággal kimutatható víztároló rétegsor, ami a mezőgazdaság szempontjából oly fontos kutak felkutatására adhat lehetőséget.

Az ellenállásmérés módszerei egy ötödik elektróda alkalmazásával lehetőséget adnak strukturális kérdések megoldására. A geológusok által feltételezett vetődések, törések méréseink alapján reálitást kaptak. Hasonlóképpen kimutathatók öt elektródás elrendezéssel a rétegdőlési viszonyok is.

Végül szabad lesz megjegyeznem, hogy a célszerűség, szocialista országunk építésének nagy feladata megkívánja, hogy a két nagy tudománykör — a geológia és a geofizika — a legmesszebbmenően együttműködjenek és a geológia a geofizikában segítőtársat lásson.

Ezért mondható szerencsés egyesülésnek a Soproni Geofizikai Munkaközösség, ahol a fenti szintézis megvan.

A Soproni Geofizikai Munkaközösség az eddig elért pozitív eredmények birtokában a hazai viszonyoknak megfelelően a geoelektromos módszerek más terü eten való felhasználásán fáradozik.

SEBESTYÉN KÁROLY

Dr Kántás Károly tanár kartárs értékes előadása azt mondhatnám irányt szabott a hazai geoelektromos kutatásoknak, illetve megadta azokat az eljárásokat, amelyekkel érdemes foglalkozni. Azonban a módszerek ismerete nem elegendő. A megvalósításhoz szükség van elsősorban nagyérzékenységű terepre, alkalmas galvanométerekre, általában műszerekre.

Hozzászólásomban szeretnék néhány szóval beszámolni azokról a munkálatokról, amelyek az állami Eötvös Lóránd Geofizikai Intézetben ilyen irányban folyamatban vannak.

Intézetünkben a súlyponti kutatás irányt eddig a szeizmika képezte és fogja képezni a jövőben is, azonban nagy haladást jelent, hogy az új tervévben már komoly geoelektromos kutatási feladatokat is megoldhatunk. Terveinket két csoportba sorolhatom : Közelebbi, kisebb előmunkálatokat igénylő tervek és távolabbi, hosszabb kísérleti munkát igénylők. Ez utóbbiaknak lényegét képezi egy új, nagyérzékenységű, jól szállítható — regisztrálásra is alkalmas — galvanométer kidolgozása és ennek fölhasználásával a tellurikus áramok és egyéb problémák vizsgálatának megkezdése, melyekben Kántás kartárs már értékes tanulmányokat végzett.

Közelebbi terveink megvalósításában két örvendetes eseményt jelenthetek : Az első az, hogy intézetünk laboratóriumában befejezéshez közeledik egy alacsony frekvenciás váltóáramú ellenállásmérő berendezés, melyet a hazai és külföldi — különösen az ezen ágazatban nagyon fejlett szovjet kutatási módszerek tanulmányozása alapján, de teljesen önálló szerkezeti elképzelés szerint állítunk össze. Amennyiben a következő hetek kísérletei igazolják várakozásainkat a jövő év első negyedétől kezdve már rendszeres terepmunkát tudunk végezni új eszközünkkel, mindenesetre csak kisebb, helyi problémák megoldására.

A másik örvendetes esemény, hogy intézetünk műszerkészlete két új külföldi eszközzel bővült. Nemrég érkezett meg a Turam-és Slingram-rendszerű két kutató berendezés teljes fölszereléssel. Mindkét eszköz elektromágneses indukciós eljárással dolgozik, azonban a meglevő anyagokból más mérési berendezés is összeállítható. A két műszer kipróbálása és kezelőinek begyakorlása folyamatban van. Mindkét eszköz alkalmazott mérési elvénél fogva jólvezető beágyazódások — érc-tömzsök v. telérek kimutatására szolgál. De alkalmas felszínalatti vizek kimutatására is. Reméljük, hogy a két eszköz gyors üzembeállításával ércbányászatunknak, de a karsztviz kérdésben adott helyes felvilágosításainkkal szénbányászatunknak is jelentősen hasznára lehetünk és ezzel hozzájárulunk népgazdaságunk megerősödéséhez és felemelt ötéves tervünk teljesítéséhez.

VENDEL MIKLÓS rendes tag

A geoelektromos módszereket a gyakorlati geofizikus főleg érc- és vízkutatásra használja. A karsztvíz-betörések legnagyobb része vetődésekhez vagy vetősávokhoz kötött, azért ezek ismerete a preventív védelem szempontjából elkerülhetetlen. Különösen a legalábbis részleteiben még kellőképen nem tisztázott tektonikájú karsztvízveszélyes területeknek a termelés szolgálatába való bekapcsolása esetén, pl. az aknák minél biztonságosabb telepítése, a bányamezők célszerűbb elhatárolhatása, stb., általában a körültekintő tervezés szem-

pontjából lehet az elektromos kutatás a bányász nagy segítségére. Ezért is igen fontosnak tartom, hogy Kántás professzor vizsgálatai körébe vonta a vetődések elektromos módszerekkel való kimutatását, illetve általánosságban az alzatkőzetek domborzatának meghatározását, s hogy továbbá az e célra tekintetbe jövő eljárásokat elméleti meggondolások alapján egyben tökéletesítette is.

Úgy véljük, hogy az elektromos térképezésnek a kőolaj kutatásban a letakart rögökhöz kötött vagy vetődésmenti olajdúsulások felkeresésében hazánkban is lehet jelentős szerepe.

A HAZAI SZEIZMIKUS KUTATÁSOK

DOMBAI TIBOR

Az ásványi nyersanyagkutatásban alkalmazott geofizikai módszerek között jelentős szerep jut a szeizmikus méréseknek. Ez a módszer a földrengési szeizmológiából ismert ama tapasztalati tényen alapul, hogy a szeizmikus hullámok a földkéreg különböző terjedési sebességü rétegeit egymástól elválasztó felületeken megtörve, illetőleg e felületekről visszaverődve ismét elérik a földfelszint.

Az alkalmazott szeizmológia mind a megtört, mind a visszavert szeizmikus hullámot felhasználja a nyersanyagkutatás problémáinak megoldásánál. Ennek megfelelően szokás a szeizmikus refrakciós és a reflexiós módszer között különbséget tenni

A használt műszerek általában mások a reflexiós és a refrakciós módszer esetében — ha ez utóbbi szűkebb értelemben az első beérkezések módszere. Mivel a reflexiós mérőberendezés általában alkalmas refrakciós felvételek készítésére is, a következőkben csupán reflexiós mérőberendezésekkel foglalkozunk.

A csatorna elemeit a szeizmométer, az elektroncsöves erősítő és a galvanométer alkotják. Mindhárom résznek lényeges szerepe van a csatorna tulajdonságainak kialakításában. A csatorna tulajdonságai három kérdéskomplexum körül csoportosulnak : 1. miként viselkedik a csatorna, ha különböző frekvenciájú rezgéssel gerjesztjük, 2. milyen a csatorna tranziens folyamata, 3. miképpen válik lehetővé, hogy a csatorna változó dinamikus nagyítással működjék.

Ezekhez a tulajdonságokhoz, mivel több azonos építésű csatorna egyidejű működéséről van szó és a mérési eredmények kiértékelése a csatornák identikus működésének feltételén alapul, a mérőberendezés szempontjából a csatornák fenti három szempontból tekintett stabilitása is hozzájárul.

A csatornáknak az első kérdéskomplexummal kapcsolatos tulajdonságairól a csatorna dinamikus karakterisztikája ad felvilágosítást, vagyis az a görbe, amely megadja, hogy a szeizmométert azonos amplitudójú mechanikus rezgésekkel gerjesztve, miként változik a galvanométer amplitudója a stacionárius állapot beállta után a gerjesztő rezgés frekvenciájával.

A csatorna mindhárom eleme befolyással van az együttes dinamikus karakterisztikájára olyképpen, hogy a csatorna dinamikus karakterisztikája arányos a szeizmométer, az erősítő és a galvanométer dinamikus karakterisz-

tikájával. Az elemek dinamikus karakterisztikáját pedig a saját frekvenciájuk és csillapításuk — az erősítő esetében ekvivalens saját frekvenciája és ekvivalens csillapítása — határozza meg.

A dinamikus karakterisztikát a csatorna szerkesztése folyamán úgy kell kialakítani, hogy a reflektált hullámmal a felszínre érkező összes energiát lehetőleg fel kell használni, hogy beérkezése a szeizmogrammon minél határozottabb rajzban jelentkezzék. Másrészről minden olyan talajrezgést, amely a reflektált longitudinális hullámon kívül a felszínre visszajutó, vagy a felszínen tovaterjedő hullámok okoznak — ha erre a frekvenciájuk egyáltalán lehetőséget nyujt — a csatorna frekvencia-karakterisztikájának alkalmas kiképzésével a reflexiós szeizmogrammon olyan nívóra kell visszaszorítanunk, hogy a kiértékelőre zavaró hatást ne gyakoroljon.

A vidékenként változó szeizmogeológiai viszonyok miatt a csatorna dinamikus karakterisztikájának változtathatónak kell lennie. Mivel legegyszerűbb az erősítő hangolásának és csillapításának változtatása, a szeizmométert és a galvanométert úgy szerkesztik, hogy együttes dinamikus karakterisztikájuk széles frekvenciasávban laposhátú görbe legyen, úgyhogy a szeizmométer-erősítő-galvanométer együttes dinamikus karakterisztika kialakításában az erősítő vihesse a domináns szerepet. Az erősítő erre a feladatra olyképpen tehető alkalmassá, hogy különböző hangolású és csillapítású szűrőket építenek bele, melyek bármelyike egyszerű kapcsolóval beiktatható az erősítő két fokozata közé. Ha a szűrők között van olyan, amelyik a kis frekvenciák felé is mélyen benyúló szélessávú átvitelt biztosít, akkor a csatorna mindenfajta refrakciós mérésre is teljesen alkalmassá lesz.

A szeizmométer és a galvanométer együttes dinamikus karakterisztikája akkor lesz a kívánt alakú, ha a szeizmométer saját frekvenciáját mélyen a hasznos jel frekvenciatartománya alatt, a galvanométeré pedig magasan felette van és mindkét elem megfelelő csillapítással rendelkezik. Az elmélet szerint mindkét elem esetében az $1/\sqrt{2}$ relatív csillapítás a leginkább megfelelő.

Minél távolabb esik a két elem saját frekvenciája egymástól, annál szélesebb lesz az együttes dinamikus karakterisztikájuk, vagyis annál nagyobb szerep jut a csatorna eredő dinamikus karakterisztikájának kialakításában a szűrőnek.

A szeizmométer frekvenciájának e követelmény által előírt csökkentése nem hajtható minden határon túl, mert a méretek kicsisége és az építésnél a tartós kivitelre való törekvés csak korlátozott lehetőségeket enged meg. A galvanométerek saját frekvenciájának túlságos magas értékben való megállapítását a csillapítás — különösen az elektromágneses csillapítás korlátozza. Meg kell még említeni, hogy az $1/\sqrt{2}$ értékű relatív csillapítás a csatorna transiens folyamata szempontjából is teljesen kielégítő.

Az előzőek szerint a csatorna dinamikus karakterisztikájának kialakítására előírt előbbi két elv — ha az erősítő egyébként lineáris frekvenciaátvitelt biz-

tosít — az erősítőbe építendő szűrő frekvencia-karakterisztikájának szerkesztésénél érvényesítendő.

A szeizmikus sugár mentén valamilyen hullámcsoport terjed tovább, melynek Fourier-féle szinképe élesen vagy kevésbbé élesen, mindenesetre azonban kifejezetten hangolt jellegű. Ha a csatorna dinamikus karakterisztikája, illetőleg ennek kialakításában domináns szerepet játszó szűrő frekvenciakarakterisztikája olyan, hogy a hullámcsoport Fourier-féle szinképét torzításmentesen viszi át, akkor tudjuk a reflektált hullám energiáját teljesen felhasználni a szeizmogrammon történő feljegyzésére. Ha meggondoljuk azt, hogy minél rövidebb a beérkező hullámcsoport, annál laposabb a Fourier-féle szinképe, vagyis a hullámcsoport energiájának azonos hányada annál szélesebb frekvenciasávon oszlik meg, meg kell állapítanunk, hogy az erősítő az első elvnek akkor felel meg, ha széles frekvenciasávon egyenletes átvitelt biztosít, vagyis nincs szűrője. Ha a hasznos jelnek a szeizmogrammon való felismerhetőségét a hasznos jeltől különböző frekvenciájú rezgések megjelenése zavarja, akkor ezek kirekesztése céljából esetleg még a hasznos jellel érkező energia rovására is megfelelő szűrőt kell alkalmaznunk. A szűrő szerkesztésénél szem előtt tartandó elvek tehát csak egymás rovására elégíthetők ki.

Az a szűrő optimális, amelyiknek a frekvencia-karakterisztikája a hullámcsoport Fourier-féle spektrumából a lehető legnagyobb területű részt fedi, s ugyanakkor lehetőleg teljesen kizárja a zavaró frekvenciákat.

A hasznos jel beérkezésének felismerhetőségét zavaró hullámok között a legnagyobb jelentőségűek a kisfrekvenciás ú. n. felszíni hullámok. Ennek egyik oka az, hogy kedvezőtlen körülmények között a hasznos jel amplitudójához képest a felszíni hullám sokszor igen nagy amplitudóval jelentkezik. Másik oka minden bizonnyal az, hogy a hullám összetett volta miatt az alaprezgés felharmónikusai nagyobb amplitudóval jelentkezhetnek és ezek a felharmónikusok az alaprezgés kis frekvenciája miatt sűrűn követik egymást. Ilyenformán megtörténhetik, hogy ha az erősítő dinamikus nagyítása a felszíni hullám alapfrekvenciáján kicsi is, a felharmónikusok beleesnek abba a frekvenciatartományba, amelyben a hasznos jel is jelentkezik.

Összefoglalva: az összes követelményeknek az olyan szűrő felel meg a legjobban, amelynek frekvencia-karakterisztikáját a kis frekvenciák oldalán meredeken emelkedő görbe szakasz, utána pedig széles lapos hát határol, majd a nagy frekvenciák oldalán, ha a szeizmogrammok áttekinthetősége megkívánja, szintén meredeken süllyedő görbe szakasz zár le. Az élesen hangolt szűrők alkalmazásától nemcsak azért kell tartózkodnunk, mert a fent részletezett energiaviszonyok ezek helytelenségét egymagukban is kimutatták, hanem a 2. alatt említett kérdéskomplexumra való tekintettel azért is, mert nagyobb csillapítású szűrő esetén kedvezőbb a csatorna berezgési folyamata is és kevésbbé zavarja saját folyamatával a csatornára kényszerített rezgések feljegyzését.

A szűrővel kapcsolatban a szerkesztő feladata végeredményben az, hogy olyan különböző hangolású és csillapítású szűrőkkel lássa el az erősítőt, amelyek lehetővé teszik, hogy a mérési gyakorlat legmostohább körülményei között is a lehető legeredményesebb működés legyen biztosítható. Ha a szűrő a részletezett feltételeknek egyébként eleget tesz, ízlés dolga, ki milyen szűrőt részesít előnyben.

A csatorna dinamikus nagyítását az erősítőben változtathatjuk. A változtatás két módja ismeretes: 1. a jeltől függő ú. n. automatikus erősítés-szabályozás, amely konstans értékű időállandóval működik és 2. a bejövő jeltől függetlenül működő, az erősítést beállítható időállandóval az időben exponenciálisan növelő ú. n. félig önműködő erősítés-szabályozás. Vannak mérőberendezések, amelyek mind a kétféle erősítőszabályozóval fel vannak szerelve. Mindkettőnél rendkívül fontos, hogy az időállandó megfelelő értékű legyen.

A szeizmikus reflexiós mérőberendezés kizárólag azonos építésű és identikusan működő csatornákból állítható össze. Mérőtevékenység közben — egyébként egyformán megbízható alkatrészeket és egyformán gondos kivitelt tételezve fel — az identitás követelménye annál könnyebben elégül ki, annál stabilabb a berendezés

1. minél kisebb a szeizmométer saját frekvenciája és minél nagyobb a csillapítása;

2. minél szélesebb frekvenciasávban biztosít az erősítő egyenletes átvitelt.

3. minél nagyobb a galvanométer saját frekvenciája és csillapítása.

Megállapítható tehát, hogy ha az ismertetett szerkesztési elveket lehetőség szerint mindenben követjük, a reflexiós mérőberendezés stabilitását is biztosíthatjuk.

Magyarországon, a gravitációs mérések klasszikus hazájában az alkalmazott szeizmikus mérések viszonylag későn kezdődtek. Az első méréseket 1934-ben az akkori Eurogasco megbízásából amerikai kutatócsoport végezte a Dunántúlon egy 6 csatornás berendezéssel. Ugyancsak amerikai csoporttal végeztette az Eurogasco jogutóda, a MAORT is engedményes területén a szeizmikus kutatásokat.

A mérések túlnyomórészben reflexiós felvételek voltak. A robbantási pontokat általában nem szelvény mentén helyezték el, hanem a térszíni viszonyok megítélése alapján alkalmasnak látszó helyeken. A 6 szeizmométert a robbantási pont két-két, illetőleg minden negyedik robbantási pont négy-négy oldalán a robbantási ponttól 75 m-re terítették 15 m-es szeizmométerközzel.

A felvételek tehát korrelációs módszer szerint készültek.

A műszereket illetően, minthogy közelebbről nem ismerjük, csupán annyit jegyezhetünk meg, ami a felvételekből minden kétséget kizáróan megállapítható: a felvételek minősége a kiértékelhetőség fokát csaknem kizárólag olyan esetekben éri el csupán, amidőn a csatornák egymással kevertek. A fel-

vételek tanulsága szerint a keverés koefficiense a manapság használt koefficiensekhez képest túlságosan nagymértékű, olyannyira, hogy pl. az első refrakciós beérkezés nyoma a legtávolabbi csatornánál is még jól olvasható kiütésben mutatkozik. A korrelációs mérési módszer alkalmazásának kritikáját illetően elég lesz csupán megemlíteni, hogy a korrelációs módszer alkalmazását az irodalom kizárólag olyan területeken javalja, ahol a rétegek nyugodt településűek és a korrelálás lehetősége egymástól nagy távolságra végzett felvételek között is minden kétséget kizáróan fennáll. Közismert és az Intézet idei mérései is igazolják, hogy a dunántúli olajelőfordulás szempontjából érdekes szerkezetek egyáltalában nem tartoznak ebbe a kategóriába.

Az amerikai szeizmikus csoportok refrakciós mérései csak az átnézetes tájékozódás célját szolgálják, mert a terítések közötti nagy távolság nem ad elegendőképpen biztos adatot a kiértékeléshez.

A Geofizikai Intézet 1936-ban kezdte meg a szeizmikus kutatásokat, amikor a kormányzat egy hazai szerkesztésű 6 csatornás szeizmikus reflexiós mérőberendezés beszerzését rendelte el.

A hazai szerkesztésű berendezés szeizmométerei kondenzátor-típusúak voltak. Légcsillapításunk azonban sajnálatos módon nem volt állandó értékű. Ugyanis a kondenzátor fegyverzetei között lévő vékony levegőréteg áramlása csillapította a lengő tömeget, hőmérsékletváltozások pedig a fegyverzetek távolságát és ezzel az áramlás keresztmetszetét változtatták meg. Ezenkívül valahányszor a fegyverzetek egymáshoz viszonyított helyzete szabályozásra szorult, a szeizmométer érzékenységével együtt a csillapítása is megváltozott. Az erősítőnek hiányossága volt, hogy nem rendelkezett sem szűrővel, sem pedig önműködő vagy félig önműködő amplitudószabályozóval. Konstrukciós hibaként jelentkezett még az is, hogy az erősítő csöveit nem lehetett az előírt üzemi feszültséggel izzítani, mert az erősítő visszacsatolás következtében begerjedt. A berendezés oszcillográfja 6 hurkos laboratóriumi Siemens-oszcillográf volt. Az olajcsillapítású Siemens-hurkok saját frekvenciája 2000 Hz volt.

A Geofizikai Intézet a számára új mérési módszer bevezetésénél amellett, hogy méréseit nem egészen megfelelő műszerrel kezdte, azt a hibát is elkövette, amely az Intézet szeizmikus felvételeinek kivitelén hosszú esztendőkig magán viselte eltörölhetetlen nyomát, hogy mérési gyakorlatát lényegében irodalmi előtanulmányok és rutinnal rendelkező csoport munkájának tanulmányozása nélkül kezdte meg. Ezt a hibát talán ellensúlyozta volna bizonyos mértékig, ha a rutinmérések megkezdése előtt elegendő kísérleti idő állott volna az akkori mérőcsoport tagjainak rendelkezésére, hogy részben eszközének tulajdonságait a legapróbb részletekig megismerje, részben pedig a terepen kísérletező felvételek közben elegendő gyakorlatot szerezhessen a különböző szeizmogeológiai viszonyok esetén követendő mérési eljárásra.

Az Intézet ugyanúgy, mint a Dunántúlon működő amerikai mérőcsoportok, korrelációs mérési módszert alkalmazott. A szelvény mentén elhelyezkedő robban-

tási pontok egymástól kb. 1000 m távolságra voltak és két-két robbantási pont között szimmetrikus helyzetben 25 m-es közökkel állították fel a berendezés szeizmométereit. A mérési tapasztalat szerint jóminőségű reflexiót csak a legritkább esetben lehetett felvenni. Mivel kísérletezés ebben az időben nem folyt, nem állapítható meg, hogy mi okozta a reflexióknak az esetek túlnyomó részében tapasztalt kimaradását. Noha a műszer hiányosságaira vonatkozó fentebbi megállapítások egymagukban is elegendő magyarázatot adhatnak a reflexiók kimaradására, még sincs elegendő támpontunk ahhoz, hogy egyéb ok közreműködését jogosultan tagadhatnánk. Az újabb időben szerzett tapasztalataink ugyanis arra mutatnak, hogy a reflexiók kimaradásában nagy szerepet játszanak a helyről-helyre változó szeizmogeológiai viszonyok.

A Geofizikai Intézet végzett ebben az időben refrakciós méréseket is, de részben a szelvények rövidsége, részben pedig az első beérkezések rendkívül bizonytalan volta miatt csekély jelentőségűek.

Az 1938-ban beszerzett második 6 csatornás reflexiós mérőberendezés az elsőtől csupán lényegtelen külsőségekben különbözött, úgyhogy a felvételek minőségén egyáltalában nem, csupán mennyiségén vehető észre ettől az időtől kezdve változás.

A második világháború alatt, midőn a MANÁT engedményes területként kapta meg a Nagy Magyar Alföld legnagyobb részét, a szeizmikus mérések végzésével a hannoveri Seismos céget bízták meg. A Seismos reflexiós méréseit 14 csatornás mérőberendezéssel végezte. A közvetlen mérési eredményeit, a szeizmogrammokat nem ismerjük, a mérési eredményeknek és a feltárásoknak bizonyos területeken megállapított egyezéséből azonban arra következtethetünk, hogy ezek a mérések elég megbízhatóak. A rendelkezésre álló mérési anyagból megállapítható, hogy a részletes reflexiós méréseiket a folytonos szelvényezés elvének szem előtt tartásával végezték. Megállapítható ezenkívül az is, hogy a Seismos cég eredményes reflexiós méréseket csupán a keleti határ közelében lévő néhány szerkezeten tudott végezni. Ettől a területtől az Alföld belseje felé haladva a reflexiós mérések mind kevésbbé sikeresek, úgyannyira, hogy a reflexiós módszernek ezen a területen való alkalmazását hosszabb kísérletezés után nem is erőltették tovább, hanem refrakciós mérésekkel igyekeztek helyettesíteni.

A Seismos refrakciós mérései vonalmentiek és legyezőalakúak. A vonalmenti refrakciós mérésnek kétségtelenül gyenge pontja az, hogy a szeizmométerek a vonal mentén egymástól nagyon nagy távolságra, 200—500 m-re voltak. A mérések megtervezésének nagy hiányossága, hogy nem végeztek olyan szelvénymenti refrakciós felvételezést, amely lehetővé teszi a refrakciósan kimutatható szeizmikus határfelületeknek hosszabb szakaszon való követését. Több területen a vonalmenti szelvények elhelyezésénél kitüntették a gravitációsan kiemelt helyeket. Nem tekinthetők ezért eléggé tisztázottaknak a mérési területeken a sebességviszonyok, ami nélkül a legyezős módszerrel végzett

mérések eredményeinek kielégítő értelmezését nem lehet elvégezni. Amidőn a legyezős felvételek nyers eredményeit feltüntető izokrónokat szemléljük, mindig az a kellemetlen gondolat kísért, hogy a horizontális irányú sebességváltozások kérdésessé teszik az eredmények egyszerű értelmezését. A legyezős felvételeknek is hiányossága, hogy a szeizmométerek a körív mentén egymástól nagyon nagy távolságra voltak elhelyezve.

A Geofizikai Intézet két 6 csatornás szeizmikus-reflexiós mérőberendezésének fentebb említett hiányosságait első ízben 1947-ben kíséreltük meg kiküszöbölni, amidőn a régi berendezést újból üzembe helyeztük. Az első lépés abban állott, hogy az erősítőt átalakítottuk olyképpen, hogy a csövek üzemi feszültséggel történő izzítása nem okozott többé gerjedést. A próbamérések alkalmával a szeizmométer még rendelkezett a fentebb említett hibával és az erősítőben sem volt még sem szűrő, sem pedig önműködő amplitudószabályzó. A mérések folyamán a csőmikrofonia kiküszöbölése miatt szükségessé vált az eredetileg közvetlen izzítású csöveknek közvetett izzítású csövekel való kicserélése. Ennek megtörténte után legnagyobb hiányosságként jelentkezett a szeizmométer változó és egyébként sem kielégítő csillapítása. A szükséges csillapítás elérésére 1948-ban terepen történtek az első próbálkozások. A dugattyús olajcsillapítás végleges megoldása azonban csak 1949. tavaszára nyert kidolgozást. Ugyanakkor az erősítőket szűrővel és automatikus amplitudószabályozóval is elláttuk.

A mérőberendezés korszerűsítése általában npróbálkozás- jellegű volt. Céltudatossá csak akkor kezdett válni, amikor lényeges szempontokat illetően a berendezés korszerű nívóra emelkedett. Ekkor vette kezdetét az egyes elemek alkalmas méretezésének megállapítása.

A fent leírt folyamat alatt végzett mérések sok tekintetben magukon viselik a kísérleti jelleget. Súlyos műszertechnikai problémákat kellett a rutinmérések közben megoldani és alkalmasnak látszó megoldás esetén kivitelezni. Meg kellett küzdeni a szeizmikus mérési gyakorlat minden kezdeti nehézségével és módszert kellett keresni, hogy a rengeteg bizonytalanság között valami biztos támpontot lehessen szerezni a mérési eredmények helyes értelmezéséhez.

Ma már sajnálatos hiánynak kell minősítenünk, hogy a mérések terepen történő ellenőrzésére nem fektettünk elegendő súlyt. Bevezettük ugyan a folytonos szelvényezések szkémáját, de az egyes terítések között nem biztosítottunk kellő átfedést, úgyhogy az Intézet akkori mérési módszere mégsem tekinthető szigorúan véve folytonos szelvényezésnek.

Az akkori refrakciós mérések az első beérkezések megállapíthatóságát illetően lényegesen jobbak voltak, mint voltak az 1936—40 között végzett felvételeken. A mérések hiányossága itt is ugyanúgy, mint a Seismos refrakciós méréseinél az, hogy megelégedtünk a refrakciósan kimutatható határfelület rövid szakaszon történt elérésével és nem követtük hosszabb távolságon keresztül.

A reflexiós mérések kiértékelésénél azokat a sebességértékeket használtuk fel, amelyeket a refrakciós mérések kiértékeléséből nyertünk.

Az átalakított berendezéssel végzett reflexiós mérések sok esetben nem adtak kielégítő reflexiós felvételi eredményeket. Nem volt lehetséges megállapítani, hogy a műszer hibájául kell-e ezt felrónunk, vagy pedig alkalmas robbantási eljárással leküzdhető viszonyokkal állunk szemben.

1949-ben, amidőn Svédországból korszerű 24 csatornás szeizmikus reflexiós berendezést szereztünk be, meg volt a reményünk arra, hogy a gyakorlati méréseknek erre a rendkívül égető kérdésére végre kielégítő választ kapunk. A berendezés azonban nem váltotta be a hozzá fűzött reményeket. Legnagyobb hibája az volt, hogy az eredetileg elektromágnesesen csillapított szeizmométerek csillapításukat rövidesen elvesztették és így a mérések folyamán mindinkább alkalmatlanabbakká váltak reflexiós mérésekre. A szeizmométerek csillapításának helyreállítása, illetőleg a szállító cég által cserében küldött új típusú szeizmométerek sem oszlatták el az eszközzel szemben táplált bizalmatlanságot. Így általánossá vált az a vélemény, hogy az Intézetben kell egy olyan szeizmikus mérőberendezést építeni, amelyiknek minden apró részletét a szerkesztés következtében tökéletesen ismerjünk és amelyiknek a szerkesztésénél eddigi tapasztalatainkat felhasználhatjuk. Ezek voltak az előzményei annak a munkának, amely az Intézetben folyó évi január hó elsején megindult és amely az eddigi kísérletek tanusága szerint kielégítő befejezést nyert.

A megépített berendezéssel nemcsak az előbb körvonalazott célt értük el, hanem az Intézet fejlődésénél fennálló hiányosságot is pótoltuk. Ennek a minden izében kollektív munkának a részleteiről a mérőberendezés egyes elemeinek szerkesztését végző kartársak fognak beszámolni.

Az új berendezést a kísérleti mérések befejeztével azzal a reménnyel fogjuk átadni a használatnak, hogy segítségével jelentősen közelebb jutunk azoknak a problémáknak a megoldásához, amelyekkel a szeizmikus mérések eddigi kivitelénél a mérések akadályaként találkoztunk.

A SZEIZMOMÉTERÉPÍTÉS PROBLÉMÁIRÓL

STEGENA LAJOS kiselőadása

Az alkalmazott szeizmikában általánosan elterjedtek a talajelmozdulást mérő szeizmométerek. Ennek előnyei kézenfekvőek a talajsebességmérő celerométerekkel és a gyorsulásmérő accelerométerekkel szemben. A sebességmérő szeizmométerek sajátfrekvenciája a mérni kívánt frekvencia-tartományba esik, jelen esetben ez a tartomány 20 és 80 cps-ok között jelölhető ki. Kisebb számban most is használnak még celerométereket, 30—40 cps saját frekvenciával, bár hátrányai vannak az alacsony sajátfrekvenciájú szeizmométerekkel szemben: nehezebb a csillapítás, alacsonyabb frekvenciánál csökkentebb az érzékenység, ezenkívül gondosabban kell ügyelni a szeizmométerek saját frekvenciájának és csillapításának azonosságára, mert kisebb tolerancia is már nagyobb fázistolást jelent a fenti frekvencia-tartományban. Előnyük a nagyobb saját-frekvenciával járó nagyobb stabilitás az oldalirányú rezgésekkel szemben. A modern szeizmikus gyakorlat áttért az alacsony saját-frekvenciájú, 20 cps alatti szeizmométerekre és azokat igyekszik a megfelelő oldalirányú stabilitással elkészíteni. Az irodalomból ismert legalacsonyabb szeizmométerek 6,6 cps-osak.

A magas (100—200 cps) sajátfrekvenciájú accelerométerek a geofizikus gyakorlatban nem váltak be. Közülük csak a piezoelektromos kvarclemezes típus terjedt el régebben (Galicin). Ezeket nehéz megcsillapítani és az érzékenységük igen kicsi. Ennek ellenére behatóbban foglalkoztunk az accelerométerekkel, két ok miatt. Az egyik: mint tudjuk, a mozgási egyenletek szerint csak egy végtelen lengésidejű (azaz teljesen asztatikus) és csillapodás nélküli szeizmométer írja le hűen a talajmozdulásokat. Ilyen eszköz gyakorlatilag nem szerkeszthető, néhány cps-os saját-frekvencia alá nem tudunk lemenni és ezt is meg kell $\alpha = 0{,}7$ kritikusan csillapítanunk. Már most Berlage észrevette, hogy egy ilyen eszköz kevésbbé pontosan írja le a talajelmozdulást, mint egy nagyobb saját-frekvenciájú, erősen csillapított accelerométer a talajgyorsulást. A másik, lényegesebb ok: a szeizmikus gyakorlatban sokszor előfordulnak olyan beérkezések, melyek alacsony-frekvenciájú környezetükből csak magasabb frekvenciájukkal, de nem nagyobb amplitudójukkal tűnnek ki. Ezek az ú. n. fázisreflexiók, vagy másodrendű reflexiók. Harmónikus rezgéseknél a maximális gyorsulás

$$a = -A \cdot 4\pi^2 \cdot \nu^2 \qquad (1)$$

a frekvencia négyzetével fordítva arányos. Az elmélet tehát azt mutatja, hogyha a talajmegmozdulás helyett a talajgyorsulást mérjük, azaz accelerométert használunk, az ilyen fázis-reflexiókat át tudjuk vinni a biztosabban fellelhető és kezelhető amplitudó-reflexióba. Elvileg a fordított eset is előállhat, t. i. az accelerométer elmoshat egy talajelmozdulásmérővel jelentkező reflexiót.

Elhatároztuk tehát, hogy szeizmikus berendezésünk részére minél alacsonyabb frekvenciájú elmozdulás-mérő szeizmométereket építünk, de — egyelőre kísérleti jelleggel — accelerométerekkel is foglalkozunk.

Először röviden az accelerométerekkel végzett kísérleteinkről szeretnék beszámolni. Hat db accelerométert készítettünk és ezeket néhány alkalommal svéd berendezésünkhöz és az új műszerünkhöz kipróbáltuk. E próbák azonban még nem elegendő számúak annak eldöntésére, hogy érdemes-e nálunk accelerométerekkel foglalkozni.

Következő problémánk az volt, hogy elmozdulás-mérőnknek milyen legyen az indikátora. E kérdés is hamar eldőlt az általánosan használt és jól bevált dinamikus típus javára. Megemlítek néhány indikátor-típust, azok hátrányaival. A kondenzátor-tipusoknál a műszerkocsin kívül elhelyezett erősítő kell. A reluktáns típusú szeizmométereknél szükségszerűen lazább az elektromos-mágneses csatolás, ezért nehéz az elektromágneses csillapítás, amely a sebességgel arányos csillapítások közül egyedül nem hőfokfüggő. Valamennyi többi típusnál szinte szükségszerűleg folyadék vagy légcsillapítást kell használni, ezek viszont erősen hőfokfüggőek. Az indukciós típus előállítása könnyű és olcsó.

Következő kérdéseink: mekkora legyen a szeizmométerünk. A gyors kezelhetőség és olcsóság azt kívánja, hogy minél könnyebb súlyú szeizmométereket építsünk, a megfelelő érzékenység viszont egy bizonyos súlyú permanens mágnest és lengőrészt ír elő. Valamennyi modernebb geofon 5 mV/μ/ 40 cps körüli érzékenységű. Ennek oka az, hogy kb. a fenti érzékenység az, ami egy átlagos szeizmikus erősítőt a Johnson-zajtól és egyebektől származó zörejnívó 4—5-szörösére ki tud vezérelni, 1 Å, azaz a legkisebb talajnyugtalanságnak megfelelő elmozdulások esetén. Érzékenyebb geofont viszont nem érdemes csinálni, mert ehhez hatványozottan nagyobb mágnes-tömegek szükségesek, és az elektronikus erősítés ugyis elegendő. Más meggondolások a lengőrész súlyát minimalizálják. Alfréd Wolf megvizsgálta a Brown-féle mozgás és a Johnson-zaj hatását dinamikus szeizmométerekre. Megállapította, hogy egy M tömegű, A amplitudóval mozgó szeimométer lengőrész által kifejtett erőnek, $M \cdot A^2$ szorzatnak legalább α-szor nagyobbnak kell lennie a Brown és Johnson-féle effektusokból származó erőnél. A galvanométereken való tapasztalat azt mutatja, hogy a Brown-féle mozgás amplitudójánál 4—5-szörösen nagyobb amplitudójú mozgás biztosan regisztrálható, ezért α értékét $4{,}5^2 \approx 20$-nak vették fel. Tehát kell, hogy

$$MA^2 \geqq 20 \cdot \frac{2K \cdot T}{\omega^2} \left(\frac{\omega^2 + \omega_0^2}{\omega^2}\right)^2 \cdot G, \tag{2}$$

ahol a jobboldali kifejezés a Johnson és Brown-féle effektusból származó erő 20-szorosa. K állandó, értéke $1{,}38 \cdot 10^{-16}$, T hőfok kelvinekben, ω a talajmozgás körfrekvenciája, ω_0 a szeizmométeré. G szorzó állandó két részből áll,

$$G = G_1 + G_2, \tag{3}$$

ahol G_1 a hőváltozási feszültség.

$$G_1 = \frac{r}{R} \frac{\omega_1}{\pi \cdot \omega_0}, \tag{4}$$

G_2 pedig a Brown-féle mozgás szorzó állandója.

$$G_2 = \frac{2}{\pi}\left[\text{arc. tg}\frac{\omega_1}{\omega_0} - \frac{\omega_0 \omega_1}{\omega_0^2 + \omega_1^2}\right] \tag{5}$$

(r a szeizmométer belső ellenállása, R a külső, csillapító ellenállás, ω_1 az a legmagasabb körfrekvencia, amelyet a szeizmikus erősítő szűrője még jól átenged).

E számításokat alkalmaztuk a mi esetünkre. $\omega_0 = 31{,}4\,\omega = 125{,}7$, $\omega_1 = 314$, $T = 300\ K°$, $r = R$, $A = 1$ Å, a valóságot jól megközelítő értékeket helyettesítve be, kiderült, hogy ha 5 cps saját frekvenciájú szeizmométerünkkel az

1 Å-ös talajnyugtalanságot regisztrálni akarjuk, akkor a lengő tömegének legalább 5,5 *g*-nak kell lennie. E követelményeknek a konstrukció folyamán eleget tettünk és 7 *g*-os lengőrészt alkalmaztunk. Alfred *Wolf* fenti cikke nem emlékezik meg a szeizmométerek belső surlódásáról, amely szintén megszabja a szeizmométerek határérzékenységét. E körülményre a szeizmométerek belső surlódásának vizsgálatánál visszatérünk.

Feladatunk most kettős: egyrészt a mágnesanyag és forma megválasztása és az optimális mágnesköri méretezés, hogy szeizmométerünk kritikusan csillapítva a maximális érzékenységet mutassa, másrészt a megfelelő alacsonyfrekvenciájú felfüggesztés kérdése, amelynek a viszonylag alacsony önfrekvencia mellett megfelelő oldalirányú stabilitást kell mutatnia.

A mágnesanyag számunkra lényeges tulajdonságai: magas remanencia és nagy koercitív erő. Előbbi biztosítja a nagy térerőt, utóbbi szükséges, hogy a térerő állandó maradjon hosszú időn keresztül a mechanikus stb. behatások ellenére is.

Néhány mágnesanyag mágneses adatai a következők:

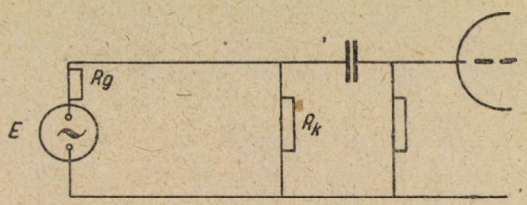
	Br	H_c
Ergit III	4 800	530
Alnico II	7 200	560
Alnico V.....	12 400	570
Ticonal	13 500	583

Legkedvezőbb lenne a ticonal, azonban meg kellett elégednünk a lényegesen gyengébb Ergit III-al, ennek remanenciája $Br = 4\,800$ Gauss, koercitív ereje $H_c = 530$ Oersted, mivel a hazai piacon kapható.

A mágnesköri méretezést irodalom hiányában magunknak kellett elvégeznünk. E méretezés eltér a szokványos dinamikus hangszóró méretezéstől, ahol maximális fluxusra méreteznek és a csillapítást nem veszik figyelembe.

A méretezés változik az elektromágnes csillapítás kivitelezése szerint. Az elektromágneses csillapítás lehetséges megoldásai:

1. Rácsköri illesztés a szeizmométer és az erősítő között. Tiszta ohmos lezárás.



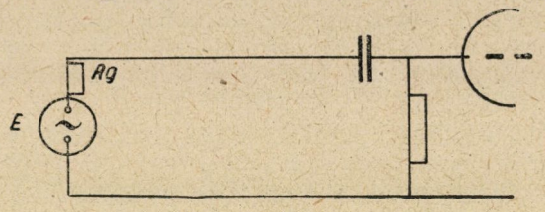
1. ábra

Hasonló, de jobb megoldás az, hogy a szeizmométer tekercsét mindjárt fémből készült csévetestre tekercseljük és a csévetest végzi el a csillapítást, mint egyetlen rövidrezárt menet. Ez jobb megoldás, mert a csévetest 100%-os helykitöltésű, míg a huzal legfeljebb 60—70%-os, így kevesebb hely vész el a csillapításra. Ebben az esetben az ekvivalens kapcsolás (2. ábra)

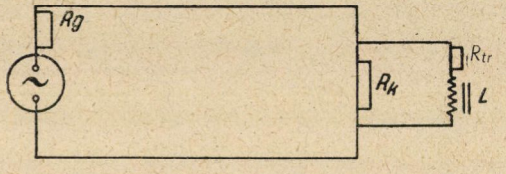
2. Transzformátoros illesztés. Ez szintén kétféle lehet, párhuzamos vagy soros. Párhuzamos megoldásnál a szeizmométer áramkörét ohmikus ellenállással lezárják és erre csatlakozik a transzformátor (3. ábra).

A másik megoldás a soros önindukciós, a szeizmométert közvetlenül a transzformátorral zárjuk le (4. ábra).

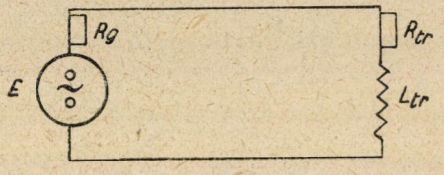
A négy megoldás egymással kombinálható is.



2. ábra



3. ábra

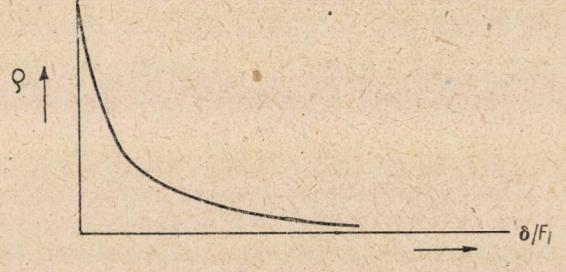


4. ábra

A szeizmométer méretezés szempontjából az első három eset közösen tárgyalható, míg a soros önindukciós csillapítás külön elbírálás alá esik. Az első három esetben a méretezési formula

$$E = \varrho \cdot B_m \cdot F_m \left(\delta - \frac{2\alpha \cdot \omega_0 \cdot \sigma \cdot \tau \cdot \delta}{B_l^2 \cdot 10^{-5}} \right) \frac{10^{-8}}{r^2 \pi}, \qquad (6)$$

ahol E jelenti a szeizmométer feszültségét 1 cel sebességű mozgatás esetén. ϱ szóródási tényező. Ez Ergit III-ra ismeretlen volt, ki kellett mérnünk lefutását a külső ellenállás, δ/F_l függvényében. A görbét itt közöljük :

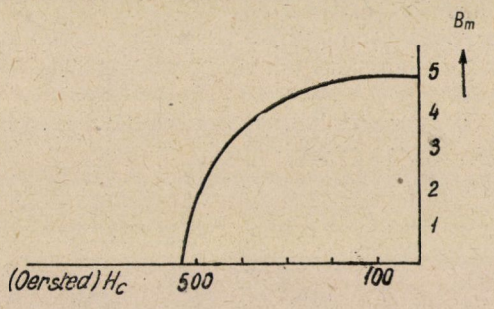


5. ábra

B_m az indukció a mágnesben, értéke a lemágnesezési görbéből kivehető. Az Ergit III lemágnesezési görbéjét a 6. ábra adja.

F_m a mágnes felülete, F_l a légrés felülete, δ a légrés hossza. A δ-ból levont mennyiség tulajdonképpen a légrésnek az a része, amelyik a csillapításra hasz-

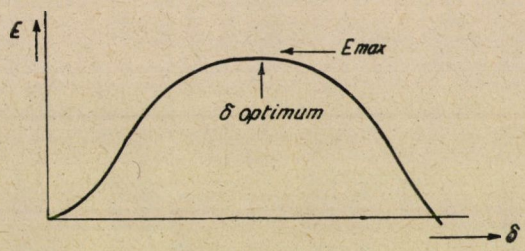
nálódik el. α a csillapítási tényező, ω_0 a szeizmométer saját körfrekvenciája, σ a vezeték sűrűsége, τ a fajlagos ellenállása, r a sugara, B_l pedig a légrésben mért indukció.



6. ábra

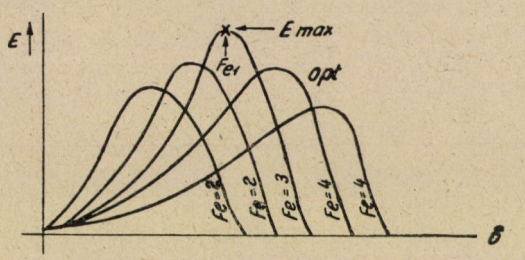
A méretezés ezekután a következőképpen történhet:

Felveszünk F_l-re egy bizonyos értéket és hozzá egy sorozat δ értéket. Minden δ/F_l értékhez kiolvashatjuk a 5. ábrából ϱ értékét. Ezután ϱ ismeretében a megfelelő B_m értéket a lemágnesezési görbéből kivesszük. B_l értékét számolni



7. ábra

tudjuk. Így a fenti képlettel az érzékenység kiszámítható, célszerűen egységnyi drótkeresztmetszetre. Ily módon egy görbét kapunk, amely E lefutását tartalmazza δ függvényében, adott F_l esetében (7. ábra)



8. ábra

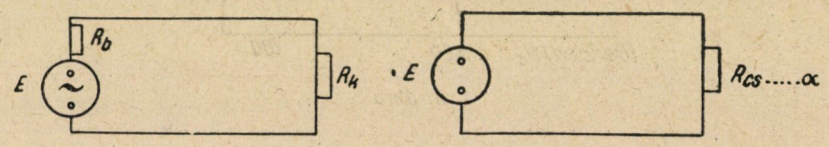
Negatív E érték fizikai értelme az, hogy $\alpha = 0{,}7$ csillapításhoz energiát kell betáplálnunk a rezgő-rendszerbe, a rendszer önmagában nem csillapítható.

Több F_l-re kiszámítva a görbét, egy görbesereget kapunk. (8. ábra)

E görbeseregből a maximális E és a hozzátartozó F_l és δ érték kiolvasható. Szeizmométerünk tehát optimálisan méretezhető.

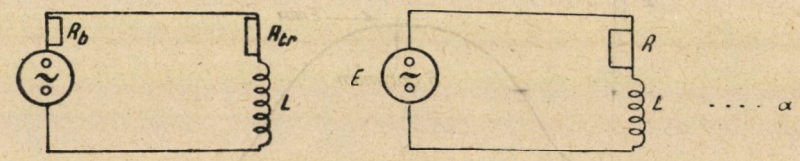
Áttérek a soros transzformátoros csillapítás tárgyalására. Milyen mértékben csillapít egy transzformátor?

Egy transzformátor csillapítása szempontjából nem helyettesíthető a geofon saját-frekvenciáján mutatott komplex ellenállással azonos ohmikus ellenállással. Kiderült, hogy a transzformátor induktív tagja csupán áramkorlátozóként szerepel és a csillapításban csak a körben lévő ohmikus tagok vesznek részt. Másszóval: egy R_b belső ellenállású geofont R_k külső ellenállás csillapítson α csillapítási-tényező szerint.



9. ábra

Ugyanezt a geofont egy L önindukciójú, R_t ohmikus ellenállású transzformátor csillapítsa szintén α-ra.



10. ábra

(9. és 10. ábrákban a jobboldali rajz a baloldalinak sematizált váza)

Állításunk szerint ez csak úgy lehetséges, ha a csillapítóteljesitmény mindkét esetben ugyanaz, azaz

$$\frac{E^2}{R_{cs}} = \frac{E'^2}{R} \tag{7}$$

ahol E' az R ellenálláson eső feszültség, $E' = E \dfrac{R}{\sqrt{R^2 + L^2\omega_0^2}}$ (8)

(7) és (8)=ból

$$R_{cs} = R + \frac{L^2\omega_0^2}{R}. \tag{9}$$

Ezt a képletünket kísérletileg is igazoltuk, nagy légmagos tekercsekkel, melyeknél a vasmag torzító hatása kimaradt.

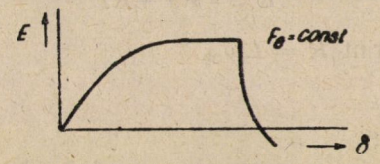
A soros csillapításnál transzformátorunkkal szemben kettős követelményt támasztunk: egyrészt a szeizmométert $\alpha = 0{,}7$ kritikusan meg kell csillapítania, azaz (8)-nek eleget tegyen, másrészt a frekvencia átvitele olyan legyen, hogy pl. 20 cps-t már 0,7-szeresen átvigyen, azaz

$$R = L\,\omega_{20} \text{ legyen.} \tag{10}$$

A soros transzformátoros csillapítás lényegesen különbözik a többi, rácsköri és párhuzamos transzformátoros csillapítási módoktól. Valamennyi többinél a szeizmométer egy ohmikus ellenállással le van zárva, s ez egy feszültség osztást is jelent. Mivel általában a külső és belső ellenállás kb. egyenlő, a feszültségnek mintegy fele elvész. A soros transzformátoros csillapításnál más a helyzet. A szeizmométer által termelt feszültség teljes egészében továbbadódik az erősítőnek, illetve pontosabban (9) szerint 20 cps-nél annak 0,7 része. A mágnesköri méretezés is módosul. A feszültség érzékenység (6) képletében

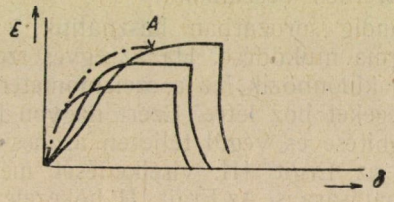
$$E = \varrho B_m \cdot F_m \left(\delta - \frac{2\alpha \cdot \omega_0 \cdot \sigma \cdot \tau \cdot \delta}{B_l^2 \cdot 10^{-3}}\right) \frac{10^{-8}}{r^2 \pi}$$

s helyébe nem kell a kisebb $\delta - \frac{2\alpha \cdot \omega_0 \cdot \delta \cdot \tau \cdot \delta}{B^2 \cdot 10^{-5}}$ értéket tenni, hanem magával a δ-val számolunk. Egy adott F_l-hez tartozó feszülségérzékenység görbe, most így alakul



11. ábra

A görbe nem hajlik vissza a vízszintes tengelyhez, mint előbb, a csillapításhoz szükséges erő elvesztése miatt, hanem asszimptótikusan megközelít egy bizonyos E értéket. Egy ponton azután a görbe leszakad és átmegy negatív értékbe ; ennél a δ értéknél a kis B_l miatt a szeizmométer már külső rövidzárral sem csillapítható. Több F_l-re elvégezve a számítást, a kapott görbesereget a 12. ábra szemlélteti.



12. ábra

A burkoló görbe (szaggatva kihúzva) A pontjához tartozik az optimális F_l és δ érték.

A mágnesköri méretezést ebben az esetben egy másik tény is befolyásolja. Szeizmométerünket úgy kell megszerkesztenünk, hogy a szeizmométer belső ellenállása és az ekvivalens külső, csillapító ellenállás nagyjából egyenlő legyen. (9) és (10) formuláinkból is következik, hogy ettől a szabálytól való nagyobb eltérés a bemenő transzformátornál okoz bajokat. A transzformátorokon igen nagy ablakok és ennek megfelelően nagy vaskeresztmetszet válik szükségessé. Ez a tétel a mágnesköri méretezés szempontjából azt jelenti, hogy esetleg nem mehetünk fel az optimális F_l értékig, hanem egy kisebb légrés felülettel

kell dolgoznunk, hogy az

$$R_g = R_k \tag{11}$$

egyenletnek megfelelő nagyobb térerőt megkapjuk.

Soros transzformátoros csillapítást csak 20 cps-nél lényegesen alacsonyabb saját-frekvenciájú szeizmométereknél lehet használni. Ugyanis (9) szerint

$$R_{cs} = R + \frac{L^2 \omega_0^2}{R},$$

ahol R a körben lévő összes ohmikus ellenállás

$$R = R_{geofon} + R_{trafó}. \tag{12}$$

R_{cs} pedig a geofon belső ellenállásának és a külső, ekvivalens csillapító ellenállásnak összege :

$$R_{cs} = R_g + R_k.$$

Továbbá (10) szerint $R = L\omega_{20}$

és (11) szerint $R_g = R_k$

ezekből következik, hogy

$$R_{tr} = R - R_g = L\left(\frac{\omega_{20}^2 - \omega_0^2}{2\,\omega_{20}}\right), \tag{13}$$

tehát, ha ω_0 nagyobb, mint ω_{20}, a transzformátor ellenállása negatív, a geofon nem csillapítható. Ha ω_0 közel áll ω_{20}-hoz, R_{tr} igen kicsi és L igen nagy, óriási transzformátorok jönnek ki.

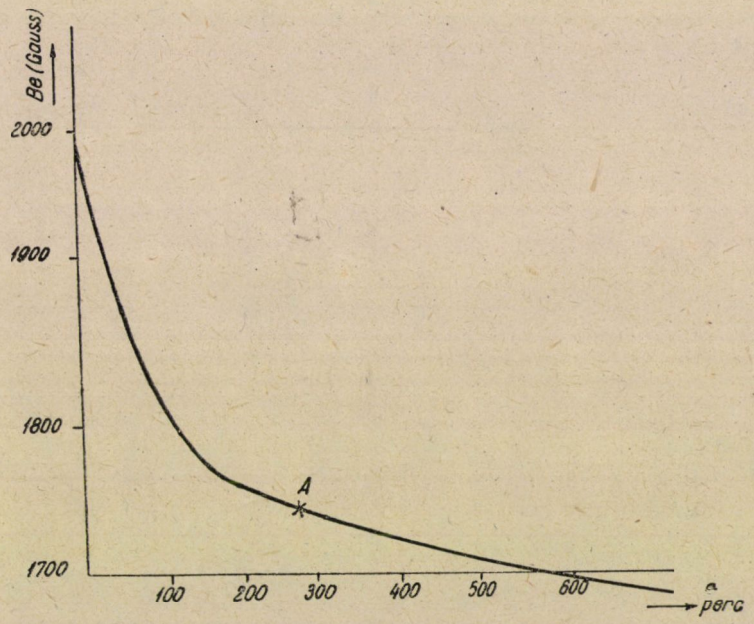
Ezzel befejeztük a mágneskösi méretezések és a vele szorosan kapcsolódó elektromágneses csillapitások kritikai vizsgálatát, következőkben a mágnesanyagok kezeléséről szeretnék beszámolni.

A geofonokat mindig sorozatban használjuk, ezért nagyon lényeges azoknak teljesen egyforma működése. Ha az egyes szeizmométerek között a légrésben lévő indukció különbözik, ez a szeizmométerek érzékenységében és csillapításában különbségeket hoz létre. Ezért nagyon fontos a mágnesek előzetes kiválogatása, öregbítése és végül teljesen azonos B_l értékekre való beállítása. Megvizsgáltuk az Ergit III. viselkedését mechanikus behatásokra, hőhatásra és váltóáram hatására is. Az Ergit III. hőkezelési görbéje, amit 100°-on mértünk ki, a 13. ábrán látható.

»A« pontig tartó öregbítés után a mágnes már nem mutat nagyobb érzékenységet a hőhatás iránt. Mi a következő eljárást találtuk a legjobbnak mágnesünk kezelésére : felmágnesezés után a mágnest 5—10 hétig állni hagyjuk, utána a túlságosan legyengült mágneseket kiselejtezzük, a többit pedig váltóáramú lemágnesezéssel egy, az átlagos B_l értéknél 15%-kal kisebb B_l értékig öregbítjük. Az így kezelt mágnesek megfelelően stabilaknak mutatkoztak. Ilyen öregbítési eljárás után mágnesünk légrésében 1700 Gauss volt az indukció.

Külföldi, szintén dinamikus rendszerű szeizmométerek jobb mágnesanyaggal és 4000—5000 Gauss indukcióval dolgoznak. Ennek ellenére mint az előzőkben rámutattunk, nekünk is hasonló, 5 mV/μ 40 cps-nál érzékenységet kellett elérnünk. Mellesleg megjegyzem, hogy a dinamikus típusnál az indikátor

sebesség-érzékeny, így a fenti érzékenységadatot egységnyi sebességre kell átszámítanunk, ez 200 mV/cel érzékenységnek felel meg. Igen lényeges volt számunkra, hogy a megfelelő stabilitású, terepkivitelű, egyszerű alacsonyfrekvenciájú felfüggesztést megtaláljuk, mert enélkül nem remélhettük, hogy elfogadható szeizmométereket tudunk gyártani. Az alacsony saját-frekvencia bevezetésével járó előnyök: a szeizmométer érzékenysége az alacsonyabb frekvenciák felé megnő, a szükséges csillapítás elektromágneses úton és kevés teljesítmény-elhasználódással elérhető, s végül ami a leglényegesebb: az általunk kidolgozott soros-transzformátoros csillapitás — midőn csupán a bemenő tanszformátor csillapít — alkalmazható. Ez, mint fentebb láttuk, ismét több 10%-os érzékenységnövekedést jelent.



13. ábra

Az alacsonyfrekvenciájú felfüggesztés hátránya a megdöntés iránti érzékenység. Terepmunkánál nem várható, hogy a szeizmométert mindig vízszintesen helyezik le, és 10°—15°-os megdöntés esetén a szeizmométernek még jól kell dolgoznia. Egy ν_0 saját-frekvenciájú rezgőrendszer belógása — a rúgó elmozdulása terheléskor —

$$h = \frac{g}{4\pi^2} \mid \nu_0^2 = \frac{25}{\nu_0^2}. \tag{14}$$

Ha szeizmométerünket mérés alkalmával a vízszinteshez képest α szöggel megdöntve helyezik le, a belógás megváltozik

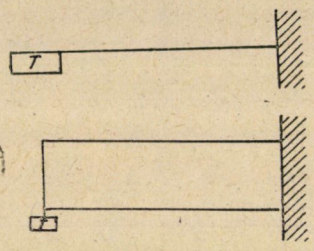
$$h' = h \cos \alpha \tag{15}$$

és az állórészhez képest a lengőrész

$$\Delta h = h' - h = -25(1 - \cos \alpha) \mid v_0^2 \qquad (16)$$

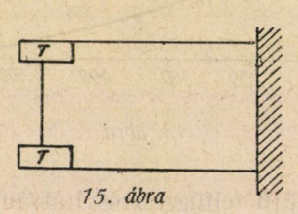
centiméterrel elmozdul. Az előjel negatív, az elmozdulás h-val mindig ellentett irányú. Mint látjuk, Δh alacsony sajátfrekvenciáknál igen nagy lesz. Megkívánjuk, hogy szeizmométerünk még 20°-os megdöntésnél is jól működjön. A Δh nem lehet nagyobb, mint 1—2 mm, mert a lengőrésznek ez az elmozdulása a számbajövő méretek mellett a lengőrész érintkezését az álló résszel, vagy legalább is torz leképzést okoz. Ez másszóval annyit jelent, hogy 3—4 cps sajátfrekvencia alá nem lehet lemennünk.

Különböző megoldásokkal végeztünk kísérleteket. Az egyszerű, egy rúgólapos felfüggesztés nem jó, mert — mint arra M. Rössiger rámutatott — ennek két saját-frekvenciája van. Ezért használják a két lemezrúgós elrendezéseket, (14. ábra) esetleg a tekercset is kétfelé osztva. (15. ábra.)



14. ábra

Ez az elrendezés a külső váltóáramú zavarok eliminálását is lehetővé teszi. Nálunk a magasfeszültségű távvezeték-hálózat még nem oly sűrű, hogy erre szükség volna. Ezzel az elrendezéssel csak mintegy 10—15 cps saját-

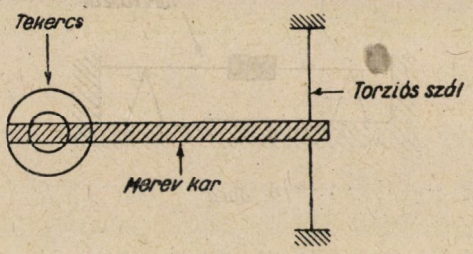


15. ábra

frekvenciáig lehet lemenni, mert alacsonyabb sajátfrekvencia esetén a vízszintes irányú elmozdulásokkal szemben nagyon instabil lesz a szeizmométer. Különféle asztatizált felfüggesztési módokat is kipróbáltunk. Végül is rájöttünk, hogy a torziós felfüggesztés igen előnyösen keresztülvihető. Az elrendezés a 16. ábra szerinti :

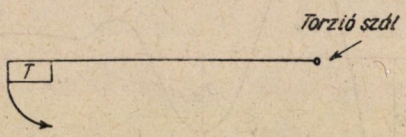
A tekercs a papír síkjára merőlegesen tud elmozdulni. A torziószálas felfüggesztés előnyei : nagy oldalirányú stabilitás, amit megnövelhetünk, ha a torziószálat megfeszítjük. Mi ezt egyszerűen úgy értük el, hogy egy erős ⌊‾‾⌋ alakúra hajlított acélrúgót bizonyos súllyal összenyomtunk és összenyomott állapotban beleforrasztottuk a torziószálat. Mind a torziós, mind a húzó igénybevételénél számításba kell vennünk a használt drót rugalmassági állandóit. A mi

esetünkben a 7 g súlyú lengőrészt 25 mm hosszú 0,22 mm ∅ acéldrót tartotta és ez kb. 3-szoros biztonságot jelentett a méretezésben minden irányban. A torziós elrendezés további előnyei: felharmónikus rezgések kevésbbé lépnek fel. A torzió-koefficiens igen kevéssé hőfokfüggő, így a saját-frekvencia is keveset



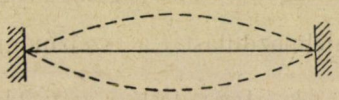
16. ábra

változik a hőfokkal. Előnye még, hogy a belső súrlódása igen kicsi. Hátrányai: a tekercs nem vertikális irányban mozog, hanem köríven.



17. ábra

Azonban a számbajövő méretek mellett a különbség teljesen elenyészik, a számított torzítás a legnagyobb amplitudók mellett is csak néhány tizedszázalék, szemre észre sem vehető, ez pedig az alkalmazott szeizmikában elegendő. Másik, lényegesen nagyobb hátránya a torziószálon fellépő húrszerű rezgés (18. ábra).

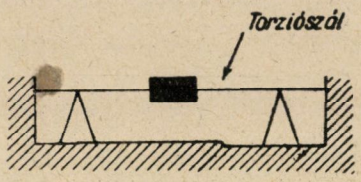


18. ábra

Az első modelleknél azt gondoltuk, hogy a torziószál megfeszítésével a húros rezgésből származó parazita rezonanciapúpot el tudjuk tolni a magas és számunkra már érdektelen frekvenciák felé. Sikerült is a húros rezgés saját-frekvenciáját 200 cps-ra eltolni, de ezek a csillapítatlan 200 cps-os rezgések még mindig zavarólag hatottak a szeizmogrammokon, azonkívül a szeizmométer a 200 cps egészszámú törtrészeinél, 100, 66, 50 stb. cps-oknál is mutatott parazita rezonanciapúpokat. Ezért a húrszerű rezgéseket kénytelenek voltunk lefogni kis gumibakokkal. (19. ábra)

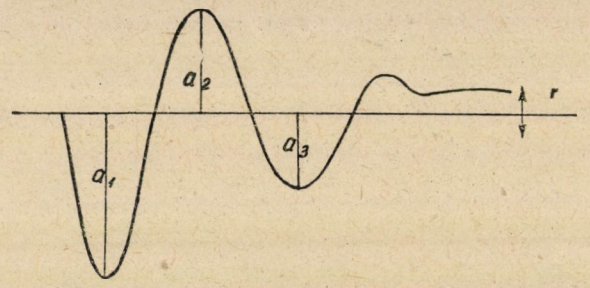
Ezután a húrszerű rezgések teljesen kimaradtak, kérdéses volt azonban, hogy nincs-e súrlódás a gumibakok és a torziószál között. Az előadás elején megemlítettük, hogy nézetünk szerint egy szeizmométer határ-érzékenységét nemcsak a Brown-féle mozgásból és a Johnson-féle zajból eredő zörejnívó nagysága,

hanem a szeizmométer »belső súrlódása« is megszabja. Minden szeizmométernek van belső súrlódása, melyet a rugalmas felfüggesztés sohasem tökéletesen rugalmas mívolta okoz és az, hogy a szeizmométerrel érintkező levegő sem



19. ábra

ideális gáz. A súrlódás elméletét Berlage dolgozta ki. Ha egy súrlódó szeizmométer csillapítását kikapcsoljuk és megfigyeljük a kicsengését, akkor ilyen képet kapunk :



20. ábra

a szeizmométer nem tér vissza a nyugalmi helyzetébe, hanem csak annak közelébe és valahol attól $\frac{r}{2}$ távolságon belül nyugszik meg. r közvetlenül kifejezi az észlelhető legkisebb talajelmozdulást, a szeizmométer határérzékenységét.

$$r = \frac{l_1 - [(n-1)\,V_0 - n + 2]\,l_n}{2\,(n-1)\,(V_0+1)}, \tag{17}$$

ahol $l_1, l_2, \ldots\ldots, l_n$ az egymásután következő lengési amplitudók

$$l_1 = a_1 + a_2 \qquad l_2 = a_2 + a_3 \tag{18}$$

V_0 pedig a csillapításra jellemző szám.

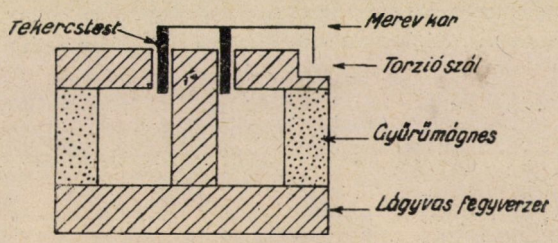
$$V_0 = \frac{l_1 - l_{n-1}}{l_2 - l_n}. \tag{19}$$

Berlage képletével meghatároztuk r értékét szeizmométerünkre, valamint több más típusú szeizmométerünkre. Torziós szeizmométerünk belső súrlódása a legkisebbnek mutatkozott és nem haladta meg az 1 Å-t.

Az előzőekben rámutattam annak fontosságára, hogy a szeizmométer megdöntése iránti érzékenysége, az α döntésre előálló Δh elmozdulás

$$\Delta h = -25(1-\cos\alpha)\frac{1}{\nu_0^2} \qquad (16)$$

lehető kicsi legyen. Torziós modellünknél ez az elmozdulás akkor a legkisebb, ha vízszintes lehelyezésnél a torziószál és a lengő tömegközéppontja által meghatározott sík is vízszintes. A lengőrész forgatónyomatékának virtuális karját az alábbi elrendezéssel tettük vízszintessé.



21. ábra

Mekkora lehet egy dinamikus szeizmométer belső ellenállása. Kis belső ellenállás esetén a kábelcsatlakozásokon fellépő és 50—100 Ω-ot is elérő átmeneti ellenállások zavarják a geofon érzékenységét és csillapítását, nagy belső ellenállás esetén a kábelen fellépő shuntok okozzák ugyanazt. Így a belső ellenállás mindkét oldalról limitálva van, célszerűnek látszik 250—800 Ω-nak venni. A dinamikus lengőtekercses modelleknél probléma a kivezetés, általában sodrott foszforbronz lamettát használnak, de így is sok a szakadás. Nálunk e probléma elmaradt, mert a merev karon vissza tudtuk vezetni a drótot a forgási középpontig, azaz a torziós szálig és onnan már szinte mozgásmentesen lehetett a kimenő csatlakozáshoz vezetni.

Szeizmométerünkre külföldi példák nyomán szuronyt szereltünk, mely a talajjal való biztosabb összeköttetésre szolgál. Próbaméréseinknél figyelemmel leszünk arra, hogy a szuronyok hasznos vagy célszerűtlen voltát eldöntsük. Eddigi ilyen irányú vizsgálataink, melyeket az Akadémia Szakbizottságának kezdeményezésére végeztünk, még nem döntötték el a kérdést.

Végül röviden összefoglalom az elmondottakat. A rendelkezésünkre álló gyengébb minőségű mágnesanyagból kellett megfelelő érzékenységű szeizmométert szerkesztenünk. Ezt az érzékenységet sikerült elérnünk egyrészt a gondos mágnesköri méretezéssel, másrészt a közvetlen transzformátoros csillapítással; ez utóbbit az általunk bevezetett alacsonyfrekvenciájú torziós felfüggesztés tette lehetővé. Szeizmométerünk fontosabb műszaki adatai:

Súlya	1,55 kg
Csillapítatlan saját frekvencia ...	6,0 cps
Csillapítási tényezője	0,7
Érzékenység	350 mV/cel.

SZEIZMIKUS OSZCILLOGRÁF GALVANOMÉTER SZERKESZTÉSE

DR SEBESTYÉN KÁROLY kiselőadása

Az előadás egy részletét kívánja tárgyalni annak a nagy problémakörnek, melyet a galvanométerszerkesztés jelent. A szeizmikus berendezések egyik lényeges része a regisztráló egység, mely az erősítőkből jövő elektromos impulzusokat fényérzékeny papírra rögzíti. Ennek legfontosabb alkatrésze a galvanométer, melyből annyit alkalmazunk, ahány csatornás az eszköz. Előadásomban az Állami Eötvös Lóránd Geofizikai Intézet laboratóriumában kikísérletezett és a most épült szeizmikus eszközben felhasználásra került galvanométerekről lesz szó. A galvanométerek elvi működési viszonyai és érzékenységüknek felső határa már régen tisztázódott kérdések. A gyakorlati megvalósítást célzó számításaim közben az idevonatkozó eredményeket felhasználtam.

A galvanométer szerkesztése közben mint első kérdés a maximális méretek kérdése merült fel. A szeizmikus berendezéseknél, mint általában a terepműszereknél, fontos szempont a hellyel való takarékosság, de ezenkívül a méretek legkisebbre szorítását kívánja az optika helyes megoldása is. A regisztráló papíron csak akkor várhatjuk minden galvanométer fényét egyformán élesnek és pontszerűnek, ha az összes galvanométer a fényforrástól és a regisztráló papírtól ugyanakkora távolságra van. Ez pedig azáltal érhető el, ha a galvanométerek a lehető legkisebb távolságra vannak egymástól. Általában 15—30 cm helyet foglal el a 24 galvanométer.

Ugyancsak a terephasználat támasztja azt a követelményt, hogy a legkülönbözőbb mechanikai igénybevételekkel, legfőképpen rázással szemben a galvanométer érzéketlen legyen és null-helyzetét jól megtartsa. Az irodalmi adatokra és Intézetünk eddigi tapasztalataira támaszkodva azt mondhatjuk, hogy a szeizmikus méréseknél hasznos frekvenciák 20—80 c/sec intervallumba esnek. Ezeknél a frekvenciáknál kell a galvanométernek az erősítőtől kapott jelet lehetőleg torzítatlanul továbbítania és papírra rögzítenie.

A relatív csillapítás, a hangolási viszony és a galvanométer kitérése közötti összefüggésből leolvashatjuk, hogy a 0,7 kritikus csillapítás esetén a 80 c/sec frekvenciát akkor tudjuk lényeges érzékenység-csökkenés nélkül regisztrálni, ha az önfrekvencia 120 c/sec fölött van. Másrészről a könnyebb csillapítás azt kívánja, hogy az önfrekvenciát ne vigyük a feltétlenül szükségesnél magasabbra.

Itt rögtön felvetődik a csillapítás megoldásának kérdése. Ilyen magas önfrekvenciáknál ez már elég komoly feladat. Két lehetőség között választhatunk: folyadékos, vagy elektromágneses csillapítás között. A folyadékos csillapítás körül Intézetünkben eddig szerzett tapasztalatok arra indítottak, hogy az elektromágneses csillapítást válasszuk. Ennek megvalósítása viszont követelményeket támasztott a légrésben létrehozott mágneses indukció nagyságára.

Felmerült tehát az a kérdés, hogy milyen mágnesanyaggal tudjuk a szükséges légrésindukciót biztosítani, vagy hogy esetleg elektromágnest alkalmazzunk. Az a körülmény, hogy a 24 galvanométer elektromágnesének gerjesztéséhez minimálisan 40 watt teljesítmény szükséges, ellentétben áll azzal, hogy a beépítendő akkumulátorok számát és üzemköltségét minimálisra csökkentsük. Célszerűnek látszott tehát permanens mágnessel megoldani a mágneskörőket.

Az elmondottak alapján határoztuk el, hogy permanens mágneskörrel rendelkező Deprez rendszerű elektromágneses csillapítású galvanométert építünk, melynek önfrekvenciája nem kisebb, mint 120 c/sec és érzékenysége 10^{-5} *A* pro milli-radián körül van.

A galvanométerekre vonatkozó elméleti vizsgálatok szerint, ha valamely galvanométer R_b ellenállású tekercsét R_k külső ellenállással terheljük a relatív csillapítást, (α) a következő összefüggésből határozhatjuk meg :

$$R = (R_k + R_b) = \frac{F^2 B^2}{2 \alpha \omega_0 k}.$$

Ahol F = a tekercs menetfelülete,
B = az indukció a légrésben,
ω_0 = az önfrekvencia,
K = a tekercs tehetetlenségi nyomatéka.

Adott ω_0 önfrekvenciával és B légrés indukcióval dolgozó galvanométernél akkor állítható elő elektromágnesen az előírt relatív csillapítás (α), ha $R \geqq 0$, azaz :

$$\frac{B^2 F^2}{2 \alpha \omega_0 K} - R_b = 0.$$

Határesetben, — amidőn galvanométer helyett csupán elektromágnesesen csillapított rezgőrendszerről lehet szó —

$$R_b = \frac{B^2 F^2}{2 \alpha \omega_0 K} \cdot 10^{-9}\ \Omega,$$

ahonnan :

$$B = \left(\frac{R_b \cdot 2 \alpha \omega_0 K}{F^2} 10^9\right)^{1/2}.$$

Behelyettestíve a tekercseléshez használt huzal adatait, továbbá feltételezve azt, hogy a használt tekercs átmérője első közelítésben elhanyagolható a hosszához viszonyítva a következő összefüggésre jutunk :

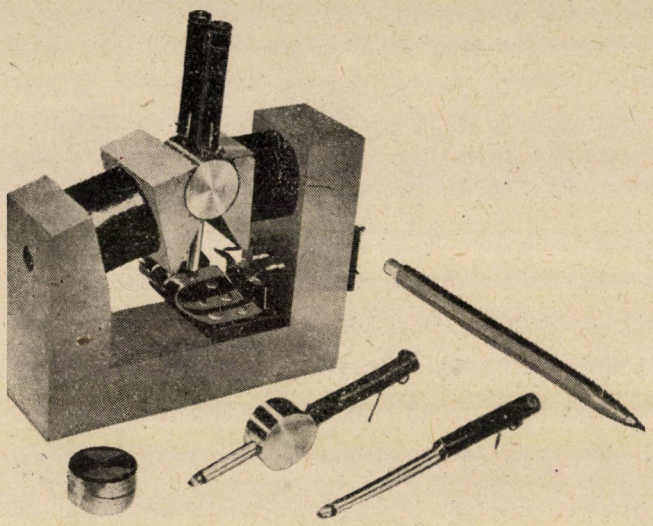
$$B^2 = 2 \alpha \varrho \sigma \omega_0 10^5,$$

ahol ϱ = a tekercseléshez használt huzal fajlagos ellenállása,
σ = ennek fajsúlya,
α = a relatív csillapítás,
ω_0 = a galvanométer önfrekvenciája.

A megkívánt érzékenység elérése nem okozott nehézséget, legfeljebb annyiban, hogy nagyobb menetszámok alkalmazása a tekercsek elkészítését nehezíti meg. Az elért érzékenység a megadott mágneskörben 2×10^{-5} *A* pro milliradián.

Ha feltételezzük, hogy a használandó galvanométer önfrekvenciája 120 c/sec, továbbá, hogy vörösréz huzalból készül, akkor fenti formulánkba történt behelyettesítés után azt kapjuk, hogy a teljes külső rövidzárral történő 0,7 krit. csillapításhoz közelítőleg 4000 Gauss indukció szükséges a galvanométer légterében. Ha ugyanezt alumínium huzalanyagra számoljuk ki, kb. 2800 Gausst kapunk. Ezt a megállapítást igyekeztünk hasznosítani, az első kísérletidaraboknál, amikor kis $1{,}5 \times 20$ mm méretű (0,2 m vastag) alumíniumtestet készítettünk és erre tekercseltük fel a zománcszigetelésű vörösrézhuzalt. Ilyen elrendezésnél az alumíniumtest mint a tekercs meneteinek részleges

rövidzára szerepel és biztosítja azt az előnyt, amit az aluminiumból történő tekercselés könnyebb csillapíthatósága nyujt. A tekercs huzalanyagát használtuk fel felfüggesztőszál gyanánt is. Így a tekercs elkészítése nagyon egyszerű volt. A megfelelően elhelyezett kivezetéseket acetonos celluloid oldattal rögzítettük a tekercsvégekhez. Az érzékenységre és a csillapodásra jó eredményeket kaptunk még 150—160 c/sec önfrekvencia esetén is. Végleges megoldásnak mégsem lehet elfogadni, mert az ú. n. parazita rezgések eltüntetése olyan követelményeket támasztott, melyeket ez a megoldási forma nem birt el. Parazita rezgések alatt olyan rezgéseket értünk, melyek a kétségtelenül kritikusra csilla-



1. ábra

pított galvanométeren nagy, 7—8 cm-es amplitudók esetén (30 cm távolságban van regisztrálva) lépnek fel. Kísérleteink alapján a parazita rezgések úgy állnak elő, hogy a tekercsből és felfüggesztőszálakból álló egység mint húr rezeg. Megszüntetésükre két lehetőség volt : 1. a tekercs tengelyének és a forgástengelynek 0,05 mm körüli pontossággal történő egybeejtése, 2. a tekercsnek és a kivezető szálaknak az eddiginél sokkal nagyobb erővel való megfeszítése. Ez tette szükségessé új tekercsforma kidolgozását. A végleges tekercs 0,05 mm-es zománcszigetelésű vörösrézhuzalból van tekercselve (30,5 menet). Kivezetése foszforbronz galvanométerhuzal (0,06×0,03 mm). A feszítőerőt egészen 100 gr súlyig fokoztam. Ezzel sikerült a parazita rezgéseket a megengedhető mértékre: 30 cm-es regisztráló távolságon 7—8 cm-es amplitudó esetén 0—0·5 mm-re visszaszorítani.

Kísérleti munkánk egyik legnehezebb része volt a megfelelő mágneskör kialakítása és a mágnesanyag kiválasztása. Ez a munka azért is nehéz volt, mert a hozzáférhető irodalomban egy-két értekezéstől eltekintve nem volt útmutatás a mágnesköri számításokra, különösen pedig a szórási viszonyokra. Az erre vonatkozó kísérleteket Stegena kartárs előadása tárgyalja. Az aránylag

nagy légrés, a lehető nagy indukció, az előnytelen forma és rendelkezésre álló hely korlátozottsága kiváló mágneses tulajdonságú permanens mágnesanyag alkalmazását tette szükségessé. Ezt megtaláltuk azokban a ticonal hengerekben, melyeket hangszóró mágnesként is alkalmaztak. Közben a hazai irodalomban Istvánfy professzortól jelent meg könyv a mágnesanyagokról és a mágnesköri számításokról. Ennek adatait és saját kísérleteink eredményeit hasznosítva szerkesztettem meg a mágneskört. A megadott feltételek mellett a felhasznált formának a legkisebb a szórása.

A galvanométertekercset tartalmazó rész úgy van megszerkesztve, hogy önálló egység és meghibásodás esetén pillanatok alatt cserélhető. A tekercset a felső kivezető szálhoz forrasztott spirálrúgó tartja kellő megfeszítés alatt. Az alsó kivezetés szigetelt, a felső testhez van kötve. A felső végén van még egy csavarral állítható szerelvény, ennek az a célja, hogy a szálra gyakorolt feszítőerőt szabályozni lehessen.

Nagyszámú galvanométer egyszerre történő működtetése esetén nagy gondot kell fordítani összehangolásukra, vagyis arra, hogy önfrekvenciájuk, érzékenységük és belső ellenállásuk a megadott pontosságon belül legyen. Esetünkben a frekvenciára $\pm$ 2,5 c/sec, érzékenységre $\pm$ 5% és belső ellenállásra $\pm$ 0,5 Ω volt a megengedhető szórás. A frekvenciát a rajzon 11-gyel jelölt csavar segítségével néhány c/sec-mal változtatni tudtuk.

Felhasználás előtt a galvanométereket tartóssági próbának vetettük alá. Minden darabot kb. 1—1,5 m magasról egy deszkalapra ejtettük és utána megvizsgáltuk, hogy előbbi érzékenységét és beállított nullhelyzetét megtartotta-e. Ugyancsak megvizsgáltuk túláram tűrésüket is.

A normális áramerősség 100-szorosát (30 milliamper) kapcsoltuk a sarkaira néhány másodpercen keresztül. Azokat, melyeknél a nullhelyzet 1 mm-nél (30 cm-es regisztrálótávolságon) nagyobb eltolódását tapasztaltuk, kiselejteztük.

Végezetül néhány összehasonlító adat:

Gyártmány	Áram-érzékenység	Belső ellenállás	Csillapítás
Siemens	$2{,}5\times10^{-4}$ A	4 Ω	olaj
Siemens	$7{,}5\times10^{-5}$ A	4 Ω	olaj
Siemens	2×10^{-5} A	7 Ω	olaj
Svéd szeizm. eszközben	2×10^{-4} A	2 Ω	olaj
Szovjet szeizm. eszközben	$3—5\times10^{-6}$ A	10 Ω	elektromágneses
Saját	2×10^{-5} A	13 Ω	elektromágneses

A táblázat nem ad a galvanométerekről, illetve azok összes jótulajdonságairól teljes képet. Csupán azokat sorolja fel, melyeknek regisztrálás szempontjából jelentőségük van. Pl. azt, hogy a Siemens galvanométerek önfrekvenciája általában 2000 c/sec felett van, nem tudjuk kihasználni.

A leírt galvanométer áramérzékenysége nem különösen magas. Azonban egyszerűsége és igénytelensége által a kitűzött célnak jól megfelel. Ez az első tagja annak a speciálisan geofizikai feladatok megoldására szolgáló galvanométer- sorozatnak, melyet Intézetünkben megszerkeszteni szándékozunk.

SZEIZMIKUS FREKVENCIA-VIZSGÁLATOK

VARGA KÁROLY

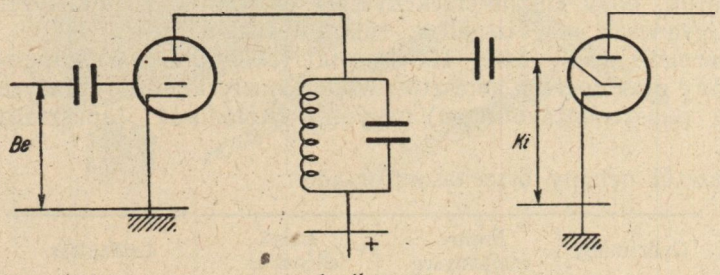
Szeizmikus kutatásaink kapcsán felmerültek frekvencia-vizsgálati problémák. Ezen vizsgálatokat Gálffy János és Tolmár Gyula kutatókkal kezdtük 1950 októberében, s együtt dolgoztunk, míg őket másirányú elfoglaltság le nem foglalta. Legutóbbi vizsgálatokat Gálffy Jánossal már újból együtt végeztük.

Eddigi gyakorlati és irodalmi ismereteink alapján a robbanásból kapott energia két főkomponensre bontható: felszíni és behatoló hullámcsoport. Kutatási szempontból a behatoló hullámcsoport érdekes, mert ez ad felvilágosítást (pl. reflexiók útján) a szintek elhelyezkedéséről. Felvételeinknél tehát az a célunk, hogy a reflexiós hullámcsoport felfogását a lehető legjobban biztosítsuk. Mivel a reflexiós és felszíni hullámok egymást zavarják, szűrést kell úgy alkalmaznunk, hogy a reflexiós jel minél könnyebben át tudjon menni a felvevő berendezéseinken erősítve, viszont a zavaró jeleket küszöböljük ki.

Milyen legyen tehát a szűrő és a szűrőrendszer? Olyan, hogy a felszíni hullámokat rekessze ki és a reflexiós jelet engedje be.

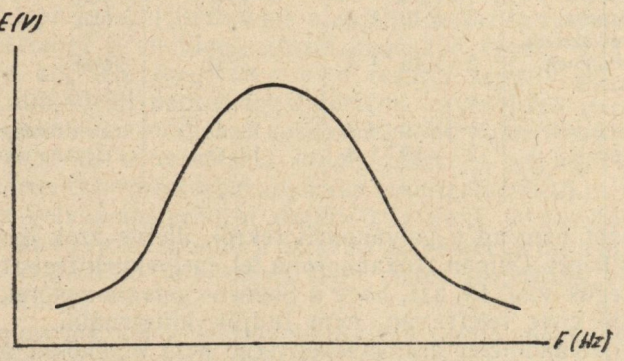
Nem kívánok általános elektrotechnikai ismereteket részletesen tárgyalni, csupán néhány szóval érintem a szűrők eddigi megoldását.

Pl. Kapacitásból és önindukcióból álló rezgőkörre, (1. ábra) ha különböző frekvenciákat egyforma feszültséggel viszünk fel és vizsgáljuk a kapott feszültséget



1. ábra

úgy az alábbi görbét kapjuk:



2. ábra

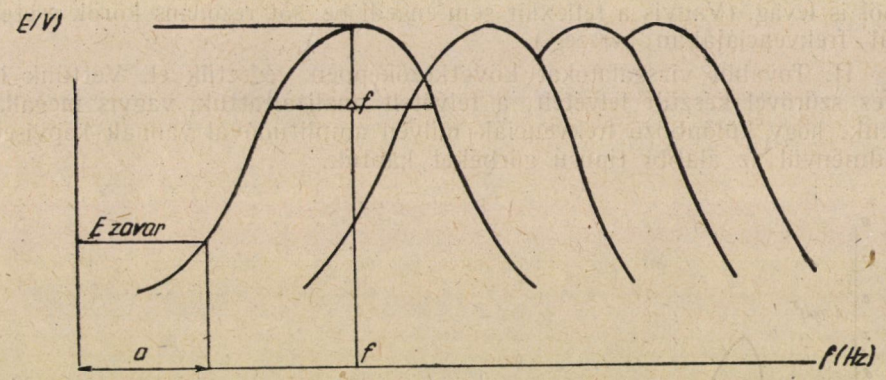
vagyis a rezgőkör egy meghatározott tartományt kiemel, a többit »levágja«.

Tehát ha sok frekvenciából álló komplex rezgést engedünk be, a rezgőrendszer ebből egyeseket beenged, másokat alig és némelyeket egyáltalán nem. Tehát »szűr«.

Az eddigi szűrők és szűrőrendszer elhelyezésének blokkdiagrammja. (3. ábra)

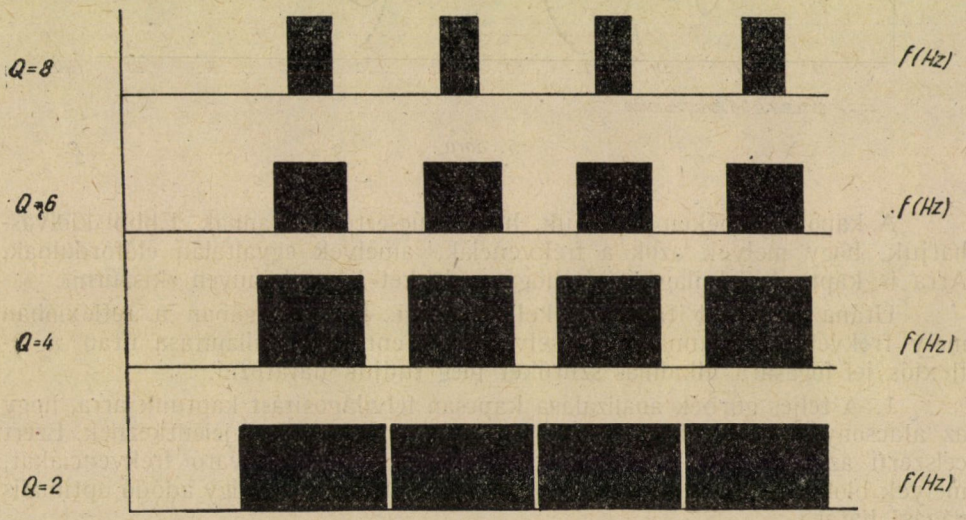
Vizsgálandók az alábbi értékek és konstansok, melyekkel magát a szűrőkört és a szűrőrendszert legjobban jellemezhetjük.

$a\,[H_z]$ vágási határ,
$S\,[\text{konst}] = E_{max}/E_{zavar}$ vágásélesség
$\Delta f\,[H_z]$ sávszélesség
$fr\,[H_z]$ rezonáns frekvencia
$Q\,[\text{konst}] = fr/\Delta f$ = tekercsjóság



3. ábra

I. A kérdés megfogásához kísérletileg nyúltunk hozzá. Megépítettünk 12 szeizmikus erősítőt, melyben nem egyetlen szűrőrendszert építettünk be, hanem négyet. A szűrők elhelyezkedésének blokkdiagrammja :



4. ábra

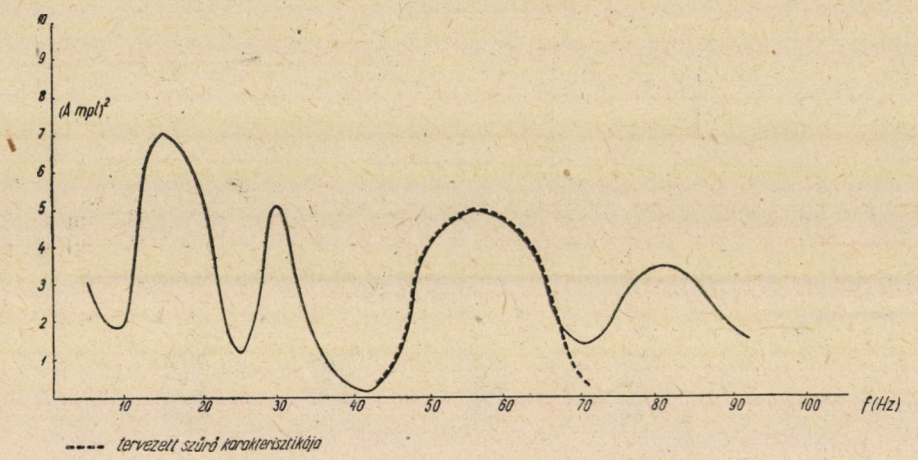
Ezen kívül felhasználtuk a tulajdonunkban lévő más típusú erősítőket is összehasonlításul.

Eredményül azt kaptuk, hogy a $Q = 8_n$, $Q = 6$, $Q = 4$, szűrők mind igen keskenyek és saját frekvenciájukban berezegnek, mivel rezonáns szűrők. Optimálisnak mutatkozott

$$Q = 2.$$

$Q = 1{,}25$ már szintén nem alkalmas, mert igen sok zavart beenged. A Q-t azért vizsgáltuk kísérletileg, hogy megállapítsuk a vizsgálati határokat. Ugyanis az optimális $Q = 2$ megállapításával a probléma vizsgálati határait leszűkítettük, mert a továbbiakban analizálás alá csak a $Q < 2$ szűrőkkel felvett görbéket érdemes venni, mert a $Q > 2$ esetekben a szűrőkör már a hasznos jelből is levág. (Vagyis a reflexiót sem engedi be, sőt rezonáns körök esetében saját frekvenciájában berezeg.)

II. További vizsgálatokat következőképpen végeztük el. Vettünk igen széles szűrővel készült felvételt, a felvételt analizáltattuk, vagyis megállapítottuk, hogy különböző frekvenciák milyen amplitudóval vannak képviselve. Eredményül az alábbi típusú görbéket kaptuk.



5. ábra

A kapott görbéken láthatjuk, hogy csúcsértékek vannak. Ebből kiolvashatjuk, hogy melyek azok a frekvenciák, amelyek egyáltalán előfordulnak. Arra is kaptunk felvilágosítást, hogy melyeket lehet könnyen »kiszűrni«.

Utána vizsgálat tárgyává kellett tenni, hogy magában a reflexióban mely frekvenciák vannak képviselve, hogy ennek megállapítása után a reflexiós jel fogására alkalmas szűrőket meg tudjuk határozni.

1. A teljes görbék analizálása kapcsán felvilágosítást kaptunk arra, hogy az alacsony frekvenciák 10—15 Hz igen nagy amplitudóval jelentkeznek. Ezért célszerű az a értékét úgy megválasztani, hogy ezen zavaró frekvenciákat, melyek blokkszerűen jelentkeznek, teljesen kirekesszük. Az így adódó optimális vágási határ :

$$a = 18 \text{ Hz}$$

2. A teljes görbék analizálása után ha egy maximum mellett elhelyezkedő két minimum közül a nagyobbat tekintjük, úgy az optimális (megkívánt) vágási élesség :

$$S = 5—8$$

3. A reflexiós jelek analizálásából azt kaptuk a sávszélességekre, hogy az alacsonyabb frekvenciáknál (20—40 *Hz*) a $\Delta f = 15—20$ *Hz* az optimális még a magasabb frekvencia tartományban (40—80 *Hz*) inkább, $\Delta f = 20—30$ *Hz* a megfelelő. Ezen kérdés azonban még további vizsgálatokat igényel, megbízhatónak tekinteni csak azt lehet, hogy az optimális :

$$\Delta f = 15—30 \ Hz$$

4. A reflexiókban résztvevő rezonáns frekvenciákra vonatkozólag lásd a táblázati értékeket.

$$fr = 30, \ 50, \ 60, \ 70. \ Hz$$

mutatkoztak mint leggyakrabban előforduló rezonáns frekvenciák.

5. A kapott sávszélességek és rezonáns frekvenciákból adódtak a Q értékek is. A táblázati Q értékekben ugyan van kettőnél nagyobb, viszont ezeket összhangba kellett hozni a kísérletileg megállapított $Q = 2$-vel. Így az analizálásból kapott optimális Q

$$Q = 2—3$$

Ezen vizsgálatoknak a gyakorlatba vétele az alábbi formában történt :

1. A meglévő hazai műszereket, melyek egyébként is átalakításra szorultak, már ezen megállapításoknak a figyelembe vételével építettük át.

2. Bizonyítékokat szereztünk, hogy miért nem éri el a tulajdonunkban lévő svéd berendezés sem az átépített magyar, sem pedig később bejött szovjet berendezés nívóját. Mivel a svéd műszer átépítését intézetünk elhatározta, tudjuk, hogy milyen szempontok szerint kell eljárni.

3. A Geofizikai Intézet kutatói által megépített új szeizmikus erősítőknél már növelték a Q-t és az S-et, de véleményünk szerint az a-t és S-et még tovább kellett volna növelni.

4. Bizonyítékokat szereztünk arra, hogy miért jók a szovjet berendezések.

Ezen vizsgálatok amplitudó szabályzó használatával készült felvételekre vonatkoznak. Az amplitudó szabályzónak elvben frekvenciafüggetlennek kell lenni. Amennyiben a miénk nem lett volna teljesen frekvenciafüggetlen, ez sem befolyásolná céljainkat, mert úgy is fel lehet tenni a kérdést, hogy milyen legyen egy már meglévő, jól működő amplitudó szabályzó mellett — amely ugyan frekvenciafüggő — a szűrőkör. Ezenkívül jóllehet széles szűrőkre vonatkoznak a vizsgálatok, mégis pontosabban megállapítandók a szűrők hatásai. Mindkét kérdés további vizsgálatot igényel.

Ezen vizsgálatok egyáltalán nem teljesek, hibahatáraiban is igen sok kívánnivalót hagynak maguk után. Mentségül talán csak annyit, hogy ilyen vizsgálatoknál igen sok tényezővel kell számolni és kifejezetten frekvenciavizsgálatok hazánkban eddig idevonatkozóan nem voltak és az irodalom se tárgyal ilyen vizsgálatokat, hogy más kutatók tapasztalatait célszerűen felhasználhattuk volna.

Vizsgálataink első időben, mely elindító ok is volt, célozták a tulajdonunkban lévő hazai és külföldi műszerek hibáinak megállapítását.

Következő lépésben tértünk arra, hogy milyenek legyenek a jó szűrőrendszerek.

Legújabban viszont dr. Tárczy Hornoch Antal professzor úr iránymutatása után, melyért hálás köszönetet mondok — a szeizmikus frekvencia-vizsgálatoknál kialakított vizsgálati módszerek nem csupán szűrőköri probléma megoldását segíthetik elő.

Eddig nincsenek az alábbi kérdések tisztázva, hogy a robbantásnál tulajdonképpen milyen energiákat táplálunk be a talajba, milyen a talaj abszorpciója, a robbantási módok hogyan befolyásolják a reflexiót stb. Idevonatkozólag itthon egyáltalában nem folytak kísérletek, külföldön is csak szórványosan.

A fentieken kívül vizsgálat tárgyává lehetne tenni, hogy a reflexiók frekvencia-karakterisztikája nem adna-e felvilágosítást a visszaverő szintek anyagi minőségére.

Dr. Tárczy-Hornoch Antal professzor úrnak a kapott iránymutatásért és irodalomért, dr. Szalay Sándor professzor úrnak a mérőműszerek kölcsönzéséért, a Magyar Tudományos Akadémia Alkalmazott Matematikai Intézetének a görbék analizálásáért, a M. Áll. Eötvös Lóránd Geofizikai Intézetnek minden irányú segítségéért köszönetet mondva kérem hallgatóim bírálatait és hozzászólásait.

TÁBLÁZAT

Sorszám	a (Hz)	S (konst)	Δf (Hz)	f (Hz)	Q (konst)
1.	20	30/25 7,25			
2.	20	30/25 11,00			
3.	15	35/25 10,00			
4.	20	30/25 1,8			
5.	27	70/50 2,85	12	70	
6.	20	60/50 16,7	12	60	
7.	10	70/60 1,86	10	70	7
		50/30 2,00	32	50	0,53
		60/30 3,42	30	60	2,00!!
8.	10	65/40 4,33	22	65	2,83
		50/40 7,27	14	50	3,57
		55/40 7,7	28	55	1,96!!
		30/40 5,1	9	30	3,33

Megjegyzés: a értékeire vonatkozólag a táblázati értékek jelentik a zavarban maximális energiával résztvevő frekvenciát.

S értékére a tört pl. 30/25 jelenti, hogy a mellé írt S érték pl. 1,80 úgy adódik, hogy az illető görbében a 30 *Hz*-hez tartozó értéket elosztjuk a 25 *Hz*-hez tartozó értékkel.

A !! jellel jelölt értékek úgy adódnak, hogy az egész reflexiós frekvencia-blokkot egységesnek tekintjük, s mintegy az egész blokk befogására alkalmas szűrőt feltételezünk és annak az adatait adjuk meg.

A táblázat csupán egy mintatáblázat, de a közölt értékek nincsenek különlegesen kiválogatva.

SZEIZMIKUS ERŐSÍTŐ TERVEZÉS

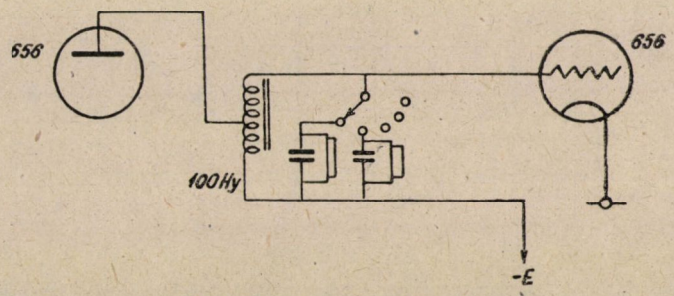
KOLLÁR FERENC kiselőadása

A szeizmikus mérőberendezés egyik leglényegesebb részének, az erősítőnek megtervezésénél a következő szempontokat tartottuk irányadóknak.

Az erősítő lehetőleg teljesen hazai alkatrészekből épüljön, súlya, térfogata, elektromos energiafogyasztása oly kicsi legyen, hogy segédberendezésekkel együtt a 24 erősítőt normálméretű terepjáró gépkocsiban lehessen üzemben tartani.

Az erősítő bemenetére csatlakozó szeizmométer a mikroszeizmikus talajmozgások hatására mikrovolt nagyságrendű feszültséget állít elő. Ezt a feszültséget oly nívóra kell felemelni, amely a tükrös galvanométert jól észlelhető módon kivezérli. A galvanométerünket mikrowatt nagyságrendű teljesítmény vezérli ki. Ha az erősítő utolsó fokozatának anódkörében 10 $K\Omega$ terhelő impedanciát alkalmazunk az előbbiekből következik, hogy maximálisan kb. százezerszeres erősítés szükséges.

Az erősítő 10-től 200 Hz-ig terjedő frekvencia tartományban dolgozzék. A reflexió-beérkezéseken kívül egyéb zavaró rezgések is jelentkeznek, a hasznos beérkezésektől feltétlenül el kell választani ezeket. A feladat megfelelő szűrőkörökkel elég jól megoldható.



1. ábra

A regisztrálandó feszültségek több nagyságrendnyi tartományt fognak át. A szeizmogrammon legfeljebb egy nagyságrenden belüli amplitudó értékelhető ki. Tehát automatikus erősítő szabályozást kell alkalmaznunk.

A berendezés használhatóságának egyik legfontosabb feltétele pedig az, hogy az erősítőkön végigfutó azonos fázisú váltófeszültség az erősítés után legfeljebb 1 msec fázistolás-különbséget szenvedhet az egyes csatornák között. (Kb. egy msec a kiértékelés részére megkívánt pontosság).

A két utóbbi feladat megfelelő megoldása jelentette a legtöbb munkát a kísérletek folyamán. Az előbb felsorolt szempontok rögzítése után elsősorban a felhasználásra kerülő elektroncsövek típusát kellett megállapítanunk. Kis méretei miatt a legújabb miniatűr csöveket választottuk. Az első kísérleti erősítőket 6BA6 változó meredekségű pentodákkal építettük. A 120 V anódfeszültség miatt 30—40-szeresnél nagyobb erősítést nem tudtunk elérni csövenként. A szükséges erősítés egyszerűbb felépítésű triódás fokozatokkal is elérhető volt, ezért a további kísérletek már a 6J6 kettős triódával történtek. Előerősítőcsőnek 6AT6 miniatűr triódát használtunk. Ez a cső kis zaja és kitünő antimikrofónikus tulajdonságai miatt jól megfelelt.

Az erősítő be- és kimenő oldalán illesztő transzformátorokat használtunk. Ezzel a megoldással elfogadható jel-zaj viszonyt sikerült elérni, ami a nagy bemenő érzékenységre való tekintettel nehéz feladatnak látszott.

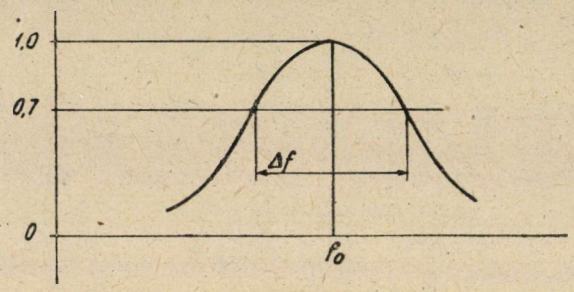
A szűrés legcélszerűbben felül és alul áteresztő szűrőlánc kombinációval lett volna megoldható. Ennek a megvalósítására kisméretű permalloy vasmagokra lett volna szükségünk. A rendelkezésünkre álló nagyobb méretű vasmagokkal nem is gondolhattunk az előbb említett megoldásra, mert igen nagy méretek adódtak volna. Egyszerűbb megoldást választottunk: az egyik fokozat rácskörébe paralel rezgőkört kapcsoltunk.

Bár így a sávszélesség nem szabályozható a felül és alul áteresztő kombinációnál lehetséges módon, eddigi tereptapasztalataink azt mutatták, hogy az előbbi egyszerű megoldás jól megfelel.

Egy csillapított rezgőkör rezonanciagörbéje a következőképpen jellemezhető. A rezgőkör ú. n. jóságtényezője

$$Q = \frac{f_0}{\delta f},$$

ahol f_0 a rezonancia frekvencia, δf a 0,7-es elhangoláshoz tartozó sávszélesség.



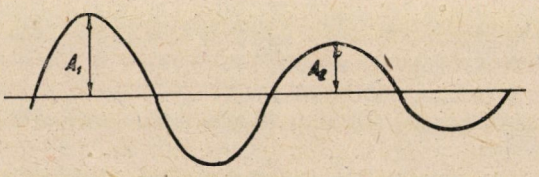
2. ábra

Jó rezgőkör sávszélessége kicsi, meredek oldalakkal rendelkezik és a rezonanciafrekvenciától eltérő rezgéseket jól leszűri. Viszont a jóságtényező növelésével egy kellemetlen be- és kirezgési folyamat jár együtt. A lecsengő kör amplitudó viszonya következőkép függ a Q-tól:

$$\frac{A_1}{A_2} = e^{\frac{\pi}{Q}}.$$

Kívánatos a Q-t kicsire választani, mert ezzel a lecsengési folyamatot rövidítjük. Ellenkező esetben pl. két kis időközzel különböző reflexiós beérkezés egybeolvadna.

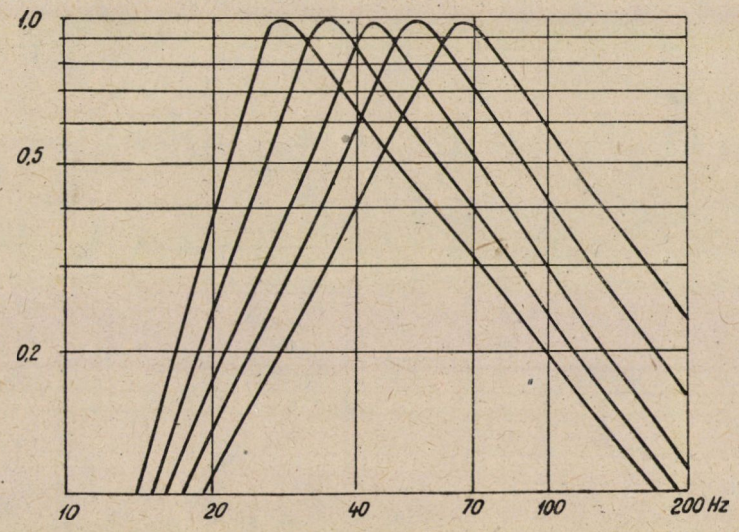
A kör jóságtényezőjét 1,8 értékre állítottuk be csillapító ellenállásokkal. Ez az érték az előbb említett ellentétes szempontokra nézve elfogadható kompromisszumot adott. A szűrő beállítása terepkisérletek alapján történt, mert laboratóriumi vizsgáló műszereinkkel nem tudjuk a terep tényleges üzemviszonyait reprodukálni. A szűrő végleges megoldásában egy 100 Hy önindukciójú



3. ábra

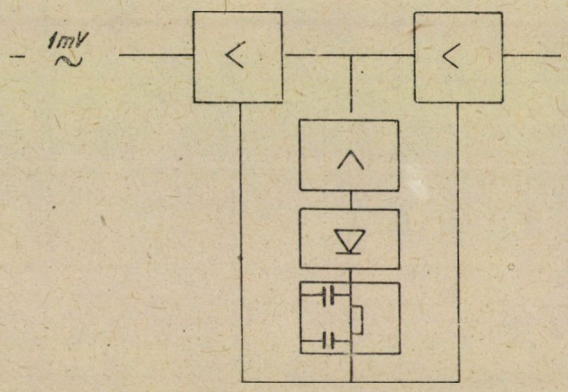
vasmagos tekercsből és fokozatkapcsolóval hozzákapcsolható kondenzátorcsoportokból és csillapító ellenállásokból áll. A beállítható rezonanciafrekvenciák: 27, 34, 43, 54, 69 Hz. Így a szeizmikus gyakorlatban használt frekvenciasávot jól átfogjuk. (4. ábra)

Az automatikus erősítés szabályozásánál a beérkező jel szabályozza az erősítést. A cél az, hogy a bemenő feszültség több nagyságrendnyi változása esetén a kimenő feszültség alig változzék. Kezdeti kísérleteinknél a változó



4. ábra

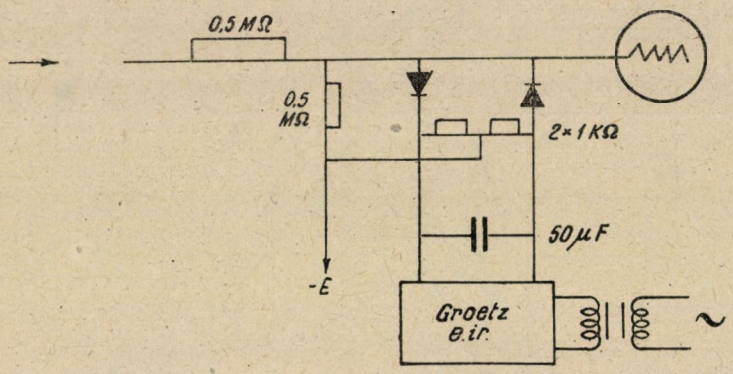
meredekségű csövek előfeszültségtől függő erősítését használtuk fel szabályozásra. Ennek a megoldásnak kellemetlen velejárója az aránylag nagy időkonstans. Ugyanis a szabályozó feszültség hullámossága az erősítendő feszültséghez



5. ábra

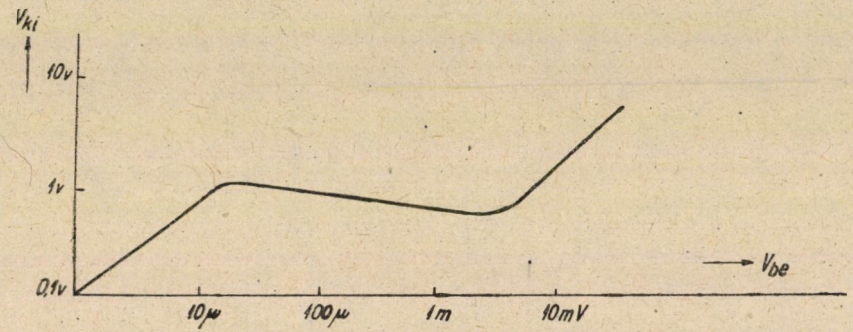
adódik, tehát a hullámosságnak feltétlenül kisebbnek kell lennie, mint az erősítendő rácsfeszültségnek, hogy a begerjedést elkerüljük. Még nagyobb szűrés szükséges akkor, ha azt akarjuk, hogy a fázistolás-hibánk 1 msec-nál kisebb legyen. A változó meredekségű pentodák nagy szabályozó feszültségszükséglete miatt 4, sőt több tagú *RC* láncot kellett alkalmaznunk 10^4 körüli szűréssel,

viszont az eredő időkonstans használhatatlanul nagy értékű lett: az erősítő egy nagyobb beérkező lökés után csak 1 sec. mulva »éledt fel«. Későbbi kísérleteinknél a 6J6 triódákat szabályoztuk ugyanilyen rendszerrel. Sajnos, a fel-



6. ábra

éledési idő akkor sem csökkent lényegesen, amikor kisebb hullámosság érdekében két utas egyenirányítást alkalmaztunk a szabályozó feszültség előállítására. Az *RC* szűrő időkonstansának csökkentésével ugyan el tudtunk érni 0,2 sec. feléledési időt, de így a fázistolás-hiba miatt az erősítő használhatatlan volt szeizmikus észlelésre.



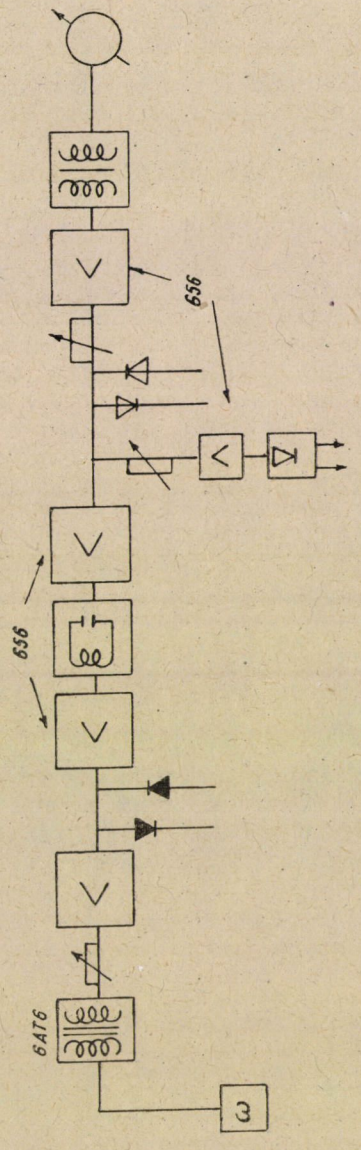
7. ábra

A szabályozás véglegesen alkalmazott módjánál a rézoxid egyenirányító átfolyó árammal változó ellenállását használjuk fel. Az alkalmazott cuprox elem kezdeti 1 *MΩ*-os ellenállása áteresztő irányban ráadott 0,5 V feszültség hatására kb. 30 *KΩ* értékre csökken. A kikísérletezett áramköri megoldás a következő:

A szimmetrikus felépítés miatt a szabályozó feszültség hullámossága a rácson nem jelentkezik. Cuproxos szabályozó söntöket az erősítőkben két helyen alkalmazunk és így három nagyságrendet átfogó szabályzást érünk el.

A szabályozás időkonstansa kedvezően kicsi, néhány Volt nagyságú bemenő impulzus megszünése után 150 msec-nál rövidebb idő alatt már feléled az erősítő.

Végül ismertetem az erősítő vázlatos felépítését:



8. ábra

HOZZÁSZÓLÁSOK

RENNER JÁNOS

A Geofizikai Intézet munkatársai részéről elhangzott öt előadás az Intézet egyik igen fontos tervmunkájával függ össze. Mivel a geoszeizmikus mérések a nyersanyagkutatás szemszögéből igen fontosak, kívánatos a magyarországi geoszeizmikus felvételek minél nagyobb mértékű kiterjesztése. A Szovjetunión kívül a közeljövőben nem számíthatunk szeizmikus berendezések behozatalára. Ezért a Geofizikai Intézet 1951. évi tervmunkájának keretében maga vállalta teljesen korszerű 24 csatornás geoszeizmikus mérőberendezés megszerkesztését és megépítését. Ennek a tervmunkának teljesítéséről számoltak be az Intézet azon munkatársai, akiknek az új eszköz megszerkesztésében legtöbb részük volt.

Dombai Tibor, az Intézet h. igazgatója nagy szaktudása és kiváló gyakorlati érzéke révén sok értékes tanáccsal mozdította elő a munkát. Stegena Lajos a szeizmométerek, Sebestyén Károly az oszcillográf galvanométerek, Kollár Ferenc és Liptai István pedig az erősítő berendezések szerkesztésével foglalkoztak. A mostani beszámolót tartó említett munkatársakon kívül Facsinay László és Posgay Károly is tevékenyen résztvettek a műszerépítés munkájában. Nem maradhat említés nélkül az Intézet finommechanikai műhelye, annak kiváló vezetője, Herbály Imre, aki a mechanikai kivitel munkáját végezte, illetőleg vezette. A műhely munkatársai is igen jó munkát végeztek.

Dombai Tibor összefoglaló előadásában logikus felépítésben ismertette a geoszeizmikus kutatások fejlődését, célját és mai állását. Fejtegetéseiből kitűnik az, hogy a geoszeizmikus kutatások terén még igen sok a tennivaló és megbízható terepmérések érdekében nagy szükség volt az Intézet által épített új mérőberendezésre.

Magyarország területén eddig még nagyon kevés geoszeizmikus mérés történt. A Dombai előadásában is említett régebbi dunántúli felvételek, különösen a Balatontól D-re és Dunántúl K-i részén végzett mérések tájékoztató jellegűek voltak s nem alkalmasak részletes szerkezetkutatásra. Ezért teljesen indokolt korszerű mérések végrehajtása olyan területeken is, amelyeken annak előtte az amerikaiak részéről geoszeizmikus felvételek történtek.

Elmélyedő, részletes előadás ismertette az új geoszeizmikus mérőberendezéshez tartozó szeizmométerek megszerkesztésének problemáit. Ennek a munkának értékelésénél figyelembe kell venni egyrészt azokat a követelményeket, amelyeket a szeizmométerekkel szemben érzékenység, csillapítás és stabilitás tekintetében támasztunk, másrészt a rendelkezésre álló anyagokat, különösen a mágnesvas anyagot. Stegena Lajos, a szeizmométerek szerkesztője feladatát úgy oldotta meg, hogy először alapos elméleti vizsgalatnak vetette alá a megoldási lehetőségeket, s ezeket a lehetőségeket hosszas gondos kísérletekkel kipróbálta. A kísérletek folyamán alakult ki a célnak leginkább megfelelő szerkezet, amely sok példányban kivitelre került és az azóta végzett terepmérésekben teljesen bevált.

A geoszeizmikus mérőberendezésnek három fő alkotó eleme közül sorrendben az erősítőberendezés következik. Bár az erősítés technikája ma már igen nagy mértékben kifejlődött s ebben a tekintetben kitaposott utakon lehetett járni, a megoldandó feladat mégsem volt egészen könnyű, mert olyan erősítő-

berendezést kellett megszerkeszteni, amely a geoszeizmikus műszer különleges céljainak legjobban megfelel. Különösen megnehezítette az erősítő berendezés megszerkesztését az a körülmény, hogy az ellentétes követelmények kielégítése érdekében meg kellett találni a helyes középutat. Figyelemmel kellett lenni továbbá azokra az elektronikus alkotórészekre, amelyek legkönnyebben beszerezhetők. Kollár Ferenc és Liptai István hosszas kísérletezések után állapították meg azt a szerkezetet, amely a mérőberendezésbe beleépült. Miként Varga Károly előadásában megemlítette, az erősítés problémájának megoldása nem is tekinthető teljesen lezártnak és különösen a zavaró alacsony frekvenciájú rezgések minél tökéletesebb kirekesztése kívánatos.

A mérőberendezés 3. alkotó eleme az oszcillográf galvanométer. Sebestyén Károly annak megszerkesztésében az eddigi mérésekben szerzett tapasztalatokat használta fel, elsősorban a csillapítás kérdésének legcélszerűbb megoldásában, amennyiben olajcsillapítás helyett elektromágneses csillapítást alkalmazott. Az oszcillográf-galvanométer kivitelezésében említésre méltó a szükségelt miniatűr tükrök előállítása.

Az egész geoszeizmikus mérőberendezés megtervezése és megépítése a Geofizikai Intézet külön e célra alakult brigádjának munkája. Az egyes munkafázisokat mind a tervezésben, mind a kivitelezésben egyes felelős kutatók vállalták, a munkaközösség azonban tagjainak munkáját állandóan koordinálta, sűrűn tartott közös megbeszéléseket és a kísérleti vizsgálatokban nyert tapasztalatokat egymásnak átadták. Csak az egymást támogató közös munka hozta meg kellő időben a várt eredményt és így a Geofizikai Intézet ezt a fontos tervmunkáját határidőre teljesítette. A mérőberendezés hetek óta terepen kísérleti mérésekre van bevetve és az ott nyert eredmények teljesen kielégítőek.

Varga Károly előadása is részben a geoszeizmikus műszerépítéshez kapcsolódott, de ezen túlmenően általánosabb kérdésekre is rávilágított. Különösen figyelemre méltó a szűrőkörök vizsgálata a jóságtényezők szemszögéből a különböző típusú műszerekre vonatkozólag. A svéd beszerzésű műszerre nézve megjegyezhető, hogy a szűrőkörök jóságtényezőinek ki nem elégítő volta mellett más tényezők is figyelembe veendők a műszernek tervbevett átalakításakor. Varga Károly előadásának végén felemlített perspektíva igen érdekes és fontos szempontokat tár fel, Tárczy-Hornoch Antal professzor akadémikus iránymutatása alapján. Ez a perspektíva bizonyára nagy mértékben fogja a geoszeizmikus módszert tovább fejleszteni.

GÁLFI JÁNOS

Az elhangzott előadások szoros kapcsolatban vannak egymással, ezért az idevonatkozó észrevételeket ezekre, mint egészre szeretném megtenni.

Dombai igazgató kartárs beszámolója tömören összefoglalta a modern szeizmikus mérőberendezés jellemzőit. Ezek között különösen fontosnak látszik a szűrési és az amplitudó szabályozási probléma adott szeizmogeológiai körülmények között. A szűrési probléma egyes vonatkozásaira tér ki Varga kartárs is előadásában. A magam részéről hangsúlyozni szeretném a kérdés tisztán transiens szempontból való vizsgálatát.

Az eddigi műszervizsgálataink során többször tapasztaltuk, hogy olyan mérőberendezés (ezen a geofon-erősítő-galvanométer egységet értem), amely stacionárius folyamattal vizsgálva kifogástalannak bizonyult, terepen, ahol nem stacionárius folyamatokat kellett regisztrálni, nem bizonyult kielégítőnek.

A hibát általában a rosszul megválasztott szűrésben lehetett megtalálni, de úgylátszik, hogy nem kevésbbé fontos az amplitudószabályzás időállandójának megválasztása sem. Mérőegység transiens szempontból való tárgyalása előfordul több helyen is a külföldi szeizmikus irodalomban. Ezért csak röviden említem, hogy ha egy mérőegység sajátfolyamatát ismerjük, meghatározhatjuk a viselkedését tetszőleges külső erőhatásra.

Irja le a mérőegység galvanométere az $A(t)$ görbét, ha a geofon olyan elmozdulást végez, amely zérus, ha $t < 0$, és állandó minden $t \geqq 0$ értékre, azaz ha a geofonra pillanatnyi elmozdulást alkalmazunk, akkor egy tetszőleges, időben lejátszódó $e(t)$ elmozdulásfolyamatnak a képe a galvanométer által feljegyezve :

$$i(t) = A(o.)\, e(t) + \int_o^t \frac{\partial}{\partial t} A(t-v)\, e(v)\, dv$$

Az A és A' mennyiségek könnyen mérhetők. A kifejezésünk részletes taglalása megmutatja, hogy bizonyos kívánalmak mellett a berendezés $A(t)$ sajátfolyamatának vagy méginkább, hogy első deriváltjának milyennek kell lennie. A részletezést mellőzhetem és megemlítem, hogy nyilván mindazok a tulajdonságok adódnak, amelyeket Dombai kartárs előadásában mint a jó szűrő jellemzőit megismertünk. Érdekes azonban ez a tárgyalási mód azért, mert megadja a lehetőséget a szűrőtulajdonságok és a szabályozási jelenségek — a szűrőkicsengések és az amplitudószabályozás időállandójának — egységes tárgyalására.

Itt csupán — egészen kvalitatív tárgyalásban — az igen rövid időállandó szerepére szeretnék rámutatni. A jó felbontás érdekében nyilván minél rövidebb időállandókra kell törekednünk. Mindaddig, amíg a berendezés sajátfolyamatait nem tekintjük, úgy látszik, hogy a csökkentés csak javítja a berendezés működését. Tranziens szempontból azonban a túlzott csökkentés káros.

Az 1. ábrán egy szűrő kicsengési képét látjuk, egység elmozdulásra. Ha rövid időállandós amplitudószabályozást használunk, a kicsengés hatására deformálódik a 2. ábra szerint. Ha most a megfelelő A' függvényekre és az $i(t)$ kifejezésben szereplő integrálra gondolunk, láthatjuk, hogy minden olyan folyamatot, amely lassú változású a szűrőnk sajátrezgéséhez képest, a szabályozatlan esetben a berendezés szűrni fog, míg a szabályozott esetben a szűrés rosszabb lesz, az alacsony periódusú rezgések inkább eljutnak a regisztrálóhoz. A reflexiós beérkezések jobban eltűnnek a zavarháttérben.

A fent vázolt eset csak nagyon leegyszerűsített közelítés. Arra mutat azonban, hogy a szeizmikus mérőberendezéseket — különösen az amplitudószabályzás időállandójának szerepét illetően — a hazai szeizmogeológiai körülmények között gondosan meg kell vizsgálnunk transiens szempontból is.

Azok az előadások, amelyek az új berendezés egyes részletmegoldásaival foglalkoznak, annyira kiterjednek minden részletre, hogy bajos lenne bármit is hozzájuk fűzni. Szeretnék azonban kitérni Stegena kartársnak a geofonok talajhozrögzítésével kapcsolatban mondott megállapítására. Ezek a vizsgálatok, amelyek a Szakbizottság kezdeményezésére indultak és még nem tekinthetők lezártaknak, a gyakorlat szempontjából fontos eredményekre vezetnek és úgy látszik, figyelembe véve az utóbbi évek mérési tapasztalatait is, hogy jóval

nagyobb általánosságban kell a kérdést megvizsgálnunk. Feltétlenül ki kell terjeszkednünk annak megvizsgálására, hogy a geofon-talaj-együttes, különösen laza feltalajok esetén, nem mutat-e rezonanciajelenségeket a hasznos szeizmikus jel tartományán belül. Az irodalomban szórványosan találunk erre utalásokat, de részletesebb vizsgálatokat nem. Különösen fontos lehet ez a mocsárban, vagy mocsaras területen való regisztrálás esetén.

Úgy találjuk azonban, hogy a kérdést még szélesebb körben kell vizsgálnunk. Azok a törekvések, amelyek arra irányultak, hogy elméletileg is számot adjanak a robbantásos hullámkeltésről, az irodalom tanúsága szerint csak részben vezettek sikerre, illetőleg csak bizonyos szeizmogeológiai adottságok között tudták magyarázni a jelenségeket. E kísérleteknek közös jellemvonásuk, hogy a talajt mint sávszűrő közeget kezelik, a rezgéskeltést pedig mint az időben lejátszódó rugalmatlan majd — bizonyos távolságon túl — rugalmas hullámkialakulási folyamatot. Kevés figyelmet fordítanak egyes izolált — többé kevésbbé izolált — talajdarabok együttrezgési jelenségeire. Úgy látjuk, hogy különösen a dunántúli szeizmogeológiai viszonyok között ezt a lehetőséget alaposabb vizsgálat tárgyává kell tennünk, annál is inkább, mert makroszeizmikában — rengés regisztrálásánál — nagyobb talajegységek együttrezgését már tapasztalták. E jelenségek vizsgálata, amelyek reménlhetőleg a néma területek jellegére és okaira is némi utalást adnak majd, az 1952. év szeizmikus módszerkutatási programmjának egyik programmpontja.

SCHEFFER VIKTOR

Aki figyelemmel kísérte a magyarországi geofizikai kutatások fejlődését az elmult években, megállapíthatta, hogy a magyar geofizika a háború utáni időben válságba került.

A válság abban nyilvánult meg, hogy amíg a geofizikai kutatások klasszikus módszereiben, a gravimetriában és a magnetometriában, amelyek világszerte való alkalmazása a Magyar Állami Eötvös Lóránd Geofizikai Intézetből indult el, modern felszereléssel és elsőrendű szakemberekkel rendelkeztünk, a geofizikai kutatásoknak különösen a szénhidrogén kutatások terén alkalmazandó döntő módszerében, a geoszeizmikában, úgy felszerelés, mint gyakorlat terén elmaradtunk.

Mivel 5 éves népgazdasági tervünk parancsolólag írja elő kutatásaink, de különösen a geoszeizmikus módszerekkel végzendő kutatásaink felfejlesztését, Geofizikai Intézetünk az elmult évben hatalmas erőfeszítéssel látott neki az e téren való elmaradásunk felszámolásának.

Amint az elhangzott előadásokból láthattuk, ez a munka sikeres volt. A Geofizikai Intézet saját laboratóriumában és műhelyében egy oly geoszeizmikus mérőberendezést készített el, melynek használhatósága vetélkedik a legjobb külföldi gyártmányú felszerelésekkel.

Azonban az elhangzott előadássorozat azt is bebizonyította, hogy a Geofizikai Intézet ezen felül egy ennél nagyobb problémát is megoldott. Az előadók a mai napon Tudományos Akadémiánk Műszaki Osztálya előtt tanubizonyságot tettek arról, hogy a rendelkezésükre álló rövid idő alatt elsajátították azokat az ismereteket, amelyek őket az e feladatkörben való tevékenységre képesítik. A Geofizikai Intézet tehát rövid idő alatt saját kebeléből egy oly szakértői

gárdát nevelt ki, amely alkalmas a további műszerépítő és kutatói munka elvégzésére.

Ezek tekintetbe vételével megállapítható, hogy a magyar geofizikának sikerült a háború után jelentkezett válságot leküzdenie és hogy további szívós munka árán, a siker reményével bátran tekinthet a jövőben elvégzendő feladatok elé.

SZÉNÁS GYÖRGY

Ismeretes, hogy az ásványi nyersanyagok műrevaló felhalmozódása a földkéregben gyakran bizonyos földtani szerkezethez kapcsolódik. Példa erre a szénhidrogén. A szénhidrogének kutatása éppen ezért nem más, mint a tároló szerkezet kutatása. Ha a tároló szerkezet a földtan közvetlen módszereivel meg nem közelíthető mélységben van, kutatásánál az alkalmazott geofizika módszereit használjuk.

A jelenleg használatos módszerek közül legismertebb és erre a célra legmegfelelőbb a gravitációs és szeizmikus módszer. (A szénhidrogének kutatásánál mágneses módszert is szoktak alkalmazni, ezt azonban azért nem említem, mert a másik kettő bizonyos fokig önállóan is alkalmazható, míg a mágneses nem.) A szeizmikus módszer fiatalabb a gravitációs módszernél. Korszerűbb és célravezetőbb is nála, de mégsem zárja ki a másik alkalmazását, mert egyrészt nem helyettesíti azt teljesen, másrészt nagy regionális felvételre nem alkalmas, főleg igen költséges voltánál fogva. Nem is várjuk a szeizmikától, hogy ismeretlen területről felderítő adatokat nyujtson.

Gravitációs módszerrel a legtöbb kultúrállam területét már feltérképezték, s ezen térképezés adatai, valamint földtani meggondolások alapján a szénhidrogénkutatás szempontjából reményteljesnek mutatkozó szerkezeteket szoktuk szeizmikus módszerrel részletesen megvizsgálni.

Hogy a gravitációs kutatás miért csak földtani meggondolások mellett és a szeizmika által megerősítve alkalmazható, ezt szeretném megvilágítani, mielőtt a szeizmikára és az azzal kapcsolatos problémákra rátérnék.

Az a tény, hogy a földkéreg legfelső, túlnyomórészben üledékes kőzetekből álló öve nem koncentrikus gömbhéjas szerkezetben helyezkedik el, tehát nem a felszínnel párhuzamos rétegekből áll, a kőzetek különböző sűrűsége révén a nehézségi gyorsulás helyenkénti értékeiben anomáliákat okoz. A gravitációs módszernek a szénhidrogénkutatásban való alkalmazhatósága azon a tényen alapszik, hogy a nagyobb sűrűségű (mélyebben fekvő) kőzet pozitív anomáliája, tehát boltozódása a gravitációs értékben is pozitív anomáliát okoz és fordítva.

Harmadkori medencénk fenekét részben triászkorú karbonátos, részben paleozóos kristályos és karbonátos kőzetek alkotják. Ezt a medencefeneket tekintem a tárgyalás szempontjából alaphegységnek. Efölött települnek túlnyomórészben harmadkori, lazább összetételű szénhidrogéntárolásra alkalmas üledékeink, ezt tekintem a tárgyalás szempontjából fedőhegységnek. A túlnyomórészben tengeri üledékekkel jelzett triász-korszakot hazánk területén legtöbb helyütt hosszú szárazföldi lepusztulási időszak követte. Ezért az alaphegység és a fedőhegység között csaknem mindenütt nagy üledékhézag van.

A harmadkori fedőhegységnek általában legidősebb üledéke az eocén diszkordanciával transzgressziósan települ az alaphegységre. Sokhelyütt a fedőüledékösszlet csak az oligocénnal, vagy felsőmiocénnal kezdődik.

A nagy üledékhézagot tekintve, nyilvánvaló, hogy az alaphegység a fedőüledékek képződése idején már konszolidálódott, sőt tektonikai igénybevétel hatására, össze is töredezett. A törések mentén történt nagyrészt függőleges elmozdulások egyenetlenné tették felszínét és erre az egyenetlen, a karbonátos üledékeknél ezenkívül még karsztos felszínre transzgredáltak a fiatalabb üledékek.

Tudjuk azt, hogy a szénhidrogének egyik ideális tároló szerkezete a minden oldalról zárt, tömött kőzetekkel fedett boltozat. Boltozatok — ha nem is felelnek meg mindenben a leírt klasszikus követelményeknek — elég szép számmal vannak medencénkben. Felmerül a kérdés velük kapcsolatban — és ez bizonyos fokig a geofizikai kutatást is befolyásolja —, hogy mi módon keletkeztek?

1. Megtörténhetett az, hogy a laza harmadkori üledékeket vízszintesen működő egyetemleges egyirányú erőhatás meggyűrte, párhuzamos redőformákat hozva létre és csaknem érintetlenül hagyva az alapot.

2. Az is megtörténhetett, hogy a harmadkori üledékeket az alaphegység rögeinek harmadkori szinepirogén túlnyomórészben vertikális síkok mentén történő mozgása helyenként felboltozta.

3. Megtörténhetett végül az is, hogy a harmadkori üledékek már ülepedésük alkalmával felvették az ősi felszín formáját és ahol azon kiemelkedés volt, ott boltozattá alakultak (későbbi kompakcióval), ahol azon teknő volt, ott szinklinálist alkottak.

Ha az első eset állana fenn, szerkezetet csak a harmadkori összletben lenne érdemes kutatni, mert a gyűrődés csak a fiatalabb rétegeket érte. A kutatáshoz elég lenne a gravitációs módszer, mert az így létrejött harmadkori szerkezetek sűrűségviszonyai nagy általánosságban hasonlóak az egész medencében.

A gyakorlat nem igazolta az első feltevést. Valahányszor megfúrtunk harmadkori boltozódást és a fúrás elérte az alaphegységet is, nyilvánvalóvá lett, hogy a harmadkori szerkezet magában az alaphegység egy-egy röge van emelt szerkezeti helyzetben. Ma már hazánkban nem igen foglal senki állást az egyes típusú keletkezés mellett.

A megmaradó másik két szerkezet keletkezési típusánál, nem vitatva egyiknek, vagy másiknak igaz voltát, illetve a keletkezésben való részvételének százalékos arányát, megállapíthatjuk, hogy a geofizikának a kutatásnál részben más módszert kell használnia, s részben ezt a más módszert is másképen alkalmaznia, mintha az egyes típusú lenne a szerkezetképződés. Mert míg az egyes típusnál kis sűrűségkülönbségekkel (tehát csak a harmadkori összlet sűrűségkülönbségeivel) dolgozhatunk értelmezésünkben és mint mondtam, a kutatásoknál elégségesnek látszik a gravitációs módszer maga is, addig a másik két típus feljogosít arra, hogy a gravitációs értelmezésben az alaphegység és fedője közötti nagy sűrűségkülönbséggel dolgozzunk, a szeizmikus kutatásban pedig — ha az egész harmadkori rétegösszletben sem találnánk egyetlen jó reflexiós horizontot (rugalmas inhomogénitás-felületet) — lemenjünk egész az alaphegységig, ehhez alkalmazva szeizmikus berendezésünk szűrését és amplitudószabályozását. Olyan nagy terjedési sebességbeli különbség (amely jelen esetben sűrűségkülönbségnek felel meg), mint alaphegységünk és közvetlen fedője közt van, általában nem tételezhető fel az egész harmadkori rétegösszletben, legbiztosabban tehát az alaphegység felszínéről várhatunk reflexiókat, ha nincs összetöredezve.

A gravitációs kutatás, illetőleg az az értelmezés, mely harmadkori szerkezetet vélt kimutatni, már tulajdonképen eddig is az alaphegységet mutatta ki,

csak nem mindig tudott róla, sokszor azt hitte, hogy a gravitációs maximumok harmadkori boltozódásokat jeleznek. Szerencsére ez semmi bajt nem okozott, mert az elmondottak alapján nyilvánvaló, hogy a 2-es és 3-as szerkezet keletkezési típusánál az alaphegység és a harmadkori redők gravitációs kutatása semmi módszertani különbséget nem igényel és eredménybeli különbözőséget nem ad.

Az alaphegységnek és a harmadkori redőknek az előbb elmondott összefüggését szeizmikus mérések is megerősítik.

Nemcsak ennek a megerősítésére szükséges azonban a szeizmika, hanem egyáltalán annak eldöntésére, hogy a gravitációs maximum valóban boltozódást jelez-e. A gravitációs izoanomál térképen a vonalak a sűrűség izoanomál vonalai és gyakran kisebb sűrűségű alaphegységrög lehet emeltebb szerkezeti helyzetben a nagyobb sűrűségűnél és ekkor, bár a gravitációs izoanomál térkép minimumot jelez, mégis van boltozódás. Ennek eldöntésére is hivatott a szeizmika.

Visszatérve a szeizmikus módszernek a különböző földtani adottságokhoz való alkalmazására, meg kell állapítanunk, hogy természetesen a harmadkori üledékösszletben is elég reflektáló felület van. Szeizmikus kutatásunk azonban eddig — különösen műszertechnikai vonalon — gyermekkorát élte s az alaphegység azért volt különösebben érdekes, mert mindig kifejezetten biztos szeizmikus határfelületet igyekeztünk keresni. (Az alaphegységet még az is az érdeklődés homlokterébe állította a közelmultban, hogy szénhidrogénkutatás szempontjából egyre reményteljesebbnek igérkezik alaphegységünket helyenként ú. n. »lepelképződmény«-ként borító litothamniumos mészkő.)

A szeizmikus kutatásnak nemcsak az elmondottak a geológiai problémái, annál is inkább, mert ezek technikai fejlődésünkkel egyre inkább veszítenek jelentőségükből. Fennáll egy másik probléma is, amelyre vonatkozólag pillanatnyilag még feltevéseink is alig vannak, az ú. n. »néma zónák« problémája.

Kutatásaink alkalmával egyes területeken azt kellett tapasztalnunk, hogy semilyen körülmények között nem kaptunk reflexiókat. Az ipari mérés nem engedte meg, hogy kísérleteinket a végletekig folytassuk, ezért az a gyakorlat alakult ki, hogy az ilyen területeken bizonyos ideig tartó kísérletezés után eredménytelenül is továbbhaladtunk és a területet elneveztük »néma zóna«-nak.

Svéd gyártmányú szeizmikus berendezésünknél nem voltunk abban a helyzetben, hogy ilyen sikertelenség esetén biztosan eldönthettük volna, vajjon a reflexiók elmaradása a műszer, vagy a földtani adottságok rovására irandó-e.

A probléma azonban a másik, általában kifogástalan műszer mérési területén is kétségen kívül fennállt. Részben a probléma megoldásának megközelítésére, részben földtani meggondolásból 1950-ben bevezettük a szeizmikus robbantólyukak földtani vizsgálatát. Statisztikai alapon próbáltunk összefüggéseket keresni a robbantás szintjének földtani és fizikai adottságai, valamint a reflexió minősége között. Egyévi mérési anyagnak ilyen szempontból való kiértékelése azt a tapasztalatból amúgyis ismert eredményt adta, hogy a robbantás kedvező szintje agyagos, tömött réteg. Ilyen rétegben robbantva sem kaptunk mindig reflexiókat, de homokos, lazább rétegnél soha. Az összefüggés annyira egyszerű volt, hogy szinte feleslegesnek tűnt a további ezirányú vizsgálódás. Ezévi méréseink alkalmával azonban egy alkalommal azt tapasztaltuk, hogy kissé agyagos, valószínűleg pleisztocénkorú kavicsban robbantva, igen szép reflexiókat kaptunk, tehát a törvényszerűség mégsem olyan egyszerű, mint gondoltuk. A vizsgálatot folytatjuk, a kiértékelésről annakidején majd beszámolunk.

Mindenestre megállapítható, hogy a szeizmikus felvétel jósága, tehát kiértékelhetősége, ha a műszer maga kifogástalan is, függ a robbantás szintjének kőzettani minőségétől és függ a mélyebb rétegek földtani viszonyaitól, sőt tektonikájától is. (Töredezett területen silány reflexiókat kapunk általában.) Erre a meggondolásra az vezetett, hogy az ú. n. »néma zóná«-kban is kedvezőek voltak a felszínközeli földtani körülmények, (agyagban robbantottunk), a műszer kifogástalan volt, eredményt mégsem kaptunk. Az eredménytelenség tehát nyilvánvalóan valami mélyebben fekvő okra vezethető vissza.

Lengyelországi tanulmányutunk alkalmával láttuk, hogy ezzel a problémával ott is küzdenek.

1951. nyarán Paul T. Lyons amerikai geofizikus, a Geophysics című folyóiratban közölte az Északamerikai Egyesült Államok térképét a szeizmikus reflexiók minőségének szempontjából. A térképből és a vele kapcsolatos cikkből kitűnik, hogy az U. S. A. szeizmikus kutatás szempontjából figyelembevehető területének (mely az egész területnek mintegy 75%-a), csak 17%-a ad jó reflexiókat, 28% tűrhető reflexiókat és 55% gyenge, vagy semilyen reflexiót.

Lyons is megpróbált összefüggéseket keresni a földtani felépítés és a szeizmikus felvétel jósága között, azonban cikke inkább csak tapogatózás, az eredményeket további vizsgálatoktól függően igéri.

Általánosságban megállapítja azt az általunk is ismert tényt, hogy minél idősebb a terület, annál jobb reflexiókat ad és jól reflektálnak azon területek is, ahol lassú volt az üledékképződés.

Megállapítja, hogy kisebb intervallum sebességű réteg kisebb frekvenciájú reflexiókat ad és fordítva. (A nagyobb frekvenciájú reflexiók kedvezőbbek, mert ha kisebb frekvenciájú reflexiókat is fel akarunk venni, akkor széles sávú szűrést kell alkalmaznunk, ami nemcsak a kisfrekvenciájú reflexiókat, hanem a felszíni laza rétegben terjedő hullámokat, és az ú. n. »ground roll«-t is beereszti. Legkedvezőbbnek a 2500—3500 m/sec terjedési sebességű rétegeket tartja. Az ő véleménye is az, hogy a felszín vagy a felszínközel gyakorolja a legnagyobb hatást a reflexiók minőségére.

A szovjet irodalomnak idevonatkozó részét ma még sajnos, nem eléggé ismerjük. Maga a probléma, mint a hazánkban járt K. P. Chromojin szovjet kartársunktól hallottuk, a Szovjetunióban sem ismeretlen. Megoldását a lyukmélység és a töltetnagyság különböző változtatásaival próbálják megtalálni, de még végleges eredményük nincs.

A szeizmikus robbantólyukak földtani vizsgálatát tovább folytatjuk, már csak azért is, mert ezen 20—60 m-es lyukak földtani adatai nem érdektelenek a geológusok számára. Szándékunkban áll a szeizmogeológiai adottságok és a reflexiók közti összefüggéseket tisztázni.

A kutatás megkönnyítésére, illetve a kutatás elé gyakran nem vártan tornyosuló, főleg felszínközeli földtani nehézségek elhárítására, vagy csökkentésére a jövőben a szeizmikus kutatásnál szorosabban fogunk együttműködni a Földtani Intézettel. Máris lépéseket tettünk azirányban, hogy a szeizmikus mérések területén a Földtani Intézet előzetes földtani vizsgálatot végezzen. Így legalább a talajvíznívóról, a fúrást erősen akadályozó kavicsrétegekről, stb. már előzetes képet kapunk. Szándékunkban áll a reflexiók jellegzetességei és a kutatott rétegfelület kőzettani sajátosságai közötti összefüggések felderítése. Ezt a problémát Tárczy-Hornoch Antal professzor elgondolása alapján a frekvencia-energiagörbe alakja, illetőleg a koordinata-rendszerben elfoglalt helyzete és a mélyfúrások kőzettani adatainak segítségével próbáljuk tisztázni.

Ezekkel a kérdésekkel azért foglalkoztam ily részletesen, mert eddig gyermekbetegségeivel küzdő szeizmikus kutatásainkban igen élesen jelentkeztek.

Szeizmikus kutatásunk terén ma már gyökeresen megváltozott a helyzet. Egy éve még nem is gondoltunk arra az övrendetes változásra, ami műszerállományunkban mennyiségileg és minőségileg bekövetkezett. Nem utolsó sorban köszönhetjük ezt a Szovjetuniónak, amely kitűnő műszereivel és tapasztalt szakembereivel segítségünkre sietett. A fejlődés természetesen folytatódik, nemcsak műszer-, hanem módszervonalon is. Az elhangzott előadásoknak mind tárgya, mind színvonala bizonyíték és biztosíték erre.

A szeizmikus kutatás földtani feladatai közül a közeljövőben is kiemelkedő lesz fontosságban a szénhidrogénkutatás. Megpróbálkozunk azonban más alkalmazási módokkal is.

Már is alkalmaztuk a szeizmikus reflexiós módszert a kőszénbányászat karsztvízproblémáinál. Itt a kutatás feladata a triasz-alaphegységben levő vetők helyének megállapítása, mert a vetők a karsztvízbetörés vezetői. Meg kell határozni a reflexiós szelvény mentén a 3—500 m mélységben levő vetőkkel szabdalt triaszkorú dachsteini mészkő vagy dolomit felszínét. A felvételből szembetűnő nagy magasságkülönbségek, mint feltételezett vetőmagasságok, vagy a reflexiók kimaradásai mutatják a vetők helyét. Ez irányban folytatott dorogi kísérleti méréseink eredménytelenek voltak, ez azonban nagyrészben a műszeren múlott. Szándékunkban áll ezt a kutatást tovább folytatni és erre a célra már építünk is egy berendezést.

Megpróbáljuk a refrakciós szeizmikát alkalmazni a bauxit és mangánérc kutatásánál. Ezek a túlnyomóan üledékes ércek nagyrészben az alsókrétakorban képződtek a karsztos triasz alaphegység többeiben, dolináiban. Felettük üledékhézaggal települnek alsókréta- és harmadkori üledékek. Hálózatos mérésekkel kis robbantólyuk és geofontávolsággal meg tudjuk rajzolni a triasz-alaphegység morfológiáját és ezzel a fúrások számára támpontot tudunk nyujtani.

Módszertani módosításaink vannak a robbantás terén és a robbanóanyag alkalmazásánál is.

Eddig csak az alaphegység fölött települt fiatalabb üledéksszletet vizsgáltuk meg, próbálkozunk azonban az alaphegység szerkezetének a felderítésével is.

Az elkövetkező évben a magyar geofizikai kutatás fejlődése nagymértékben meggyorsul és reméljük, hogy a magyar geofizika ismét elfoglalja azt a helyet a nemzetközi rangsorban, amelyet Eötvös Lóránd halála óta sajnálatosképen elvesztett.

Az elmondottakat kívántam hozzáfűzni az elhangzott értékes előadásokhoz, mert úgy érzem, ezek is szükségesek ahhoz, hogy a tisztelt Hallgatóság teljes képet kapjon a magyar szeizmikus kutatás eredményeiről és problémáiról.

EGYED LÁSZLÓ

A mesterséges szeizmikus mérések célja az üledékes rétegsorok helyzetének és esetleg a medence fenekének a tisztázása. A mérések elméleti elvei a geometriai optika törvényein alapulnak. Az egyes visszaverő és törőfelületek megkülönböztetését az egyes hullámok beérkezési ideje közötti különbség teszi lehetővé.

A szeizmikus mérések elvileg megkívánják :

1. a rengéshullám keltését,

2. a beérkező rengéshullámok felvételét,

3. a felvett rengéshullámoknak az idő függvényében való rögzítését.

A beérkező hullámok energiaszegénysége még azt a kívánságot is magában rejti, hogy a felvett hullámok rögzítés előtt megfelelő felerősítésen essenek át.

A szilárd testekben — a nyírófeszültségek miatt — négyféle hullám észlelhető: egy longitudinális, egy transzverzális és két felületi (Love- és Rayleigh-féle) hullám. Ezek közül a legnagyobb sebességgel a longitudinális hullám halad.

Ahhoz, hogy az egyes visszaverőfelületek helyzetét a geometriai optika elveinek felhasználásával meghatározhassuk, elegendő — sőt egyenesen kívánatos —, hogy csupán egy fajta térhullámot, pl. a longitudinális hullámokat észleljük. Ez újabb követelményeket támaszt a szeizmikus mérőberendezéssel szemben: a felvevő egységektől, a geofonoktól meg kell kívánni, hogy lehetőleg csak a longitudinális hullámokra legyen érzékeny. Az erősítőberendezést pedig úgy kell megfelelő szűrőkkel kiegészíteni, hogy amennyiben mégis zavaró hullámok mennek a geofonokon át, akkor ezt lehetőség szerint kiszűrje.

Az itt felsorolt műszeregységek közül lényegileg csak a geofonokhoz és a galvanométerekhez szeretnék néhány szót fűzni.

A geofonokra vonatkozólag a legfontosabb elvi követelmények részleteikben:

1. Csak a longitudinális hullámokra legyenek érzékenyek.

2. A lökés megszűnésével megszűnjék a geofon lengő részének a mozgása is (csillapítás).

3. A zavaró molekuláris-statisztikus jellegű impulzusok feletti impulzusokat regisztrálni tudja (érzékenység).

4. A lökéseket torzítatlanul adja tovább.

A galvanométerekre vonatkozólag — az első feltételtől eltekintve, amelynek itt nincs értelme — nagyjából egyeznek ezekkel a követelményekkel.

Az első követelmény teljesítését a mállott réteg segíti elő, hiszen az a tény, hogy ebben a longitudinális hullámok terjedési sebessége mintegy a negyedrésze az alatta levő rétegekben észlelt sebességértéknek, magával hozza azt is, hogy a földfelszínre a hullámok merőlegesen érkeznek. A geofonoktól tehát csak annyit kell követelnünk, hogy a függőleges irányú elmozdulásokra legyenek kizárólag érzékenyek.

A fenti elvi szempontokhoz azonban egy csomó gyakorlati szempont is járul. Ezek maguk is egy-egy nagyobb problémahalmazt jelentenek.

Az elhangzott beszámolók klasszikus példái annak, hogyan kell egy ilyen rendkívül sok követelményt támasztó kérdéshalmazt úgy megoldani, hogy az adott lehetőségek között a legjobbat nyujtsa s az elméleti és gyakorlati megfontolások felhasználásával fölébekerülni azoknak az előnyöknek, amelyekkel külföldi műszerek különleges anyagi helyzetüknél fogva rendelkeznek.

E nagyon szép eredményeken túl azonban érdemesnek tartanám, ha az itt elhangzott eredmények felhasználásával olyan kísérleti berendezést is előállítanának, hogy segítségével a szeizmikus vizsgálatokat kiegészíthetnék a transzverzális hullámok megfigyelésével is. A longitudinális és transzverzális hullámokból, a visszaverő felületek egyeztetéséből, esetleg statisztikus sűrűségeloszlás felhasználásával a mélyben levő rétegek rugalmas együtthatói meghatározása lehetővé válhat, ami közelebb hozhatja a geofizikusokat annak a problémának a megoldásához, hogy a geometriai elrendeződésen kívül többet tudjanak mondani a szemünk elől elrejtett rétegek anyagi viszonyairól is.

STEGENA LAJOS

Varga Károly kartárs igen értékes előadásában megvizsgálja az alacsony frekvenciájú rezgések jelentőségét az alkalmazott szeizmikában. Igen helyesen megállapítja, hogy 0—18 cps-os rezgéseket a szeizmikus csatornának nem szabad áteresztenie, illetve ezek nívóját egy bizonyos határ alá kell süllyesztenie. E határ megállapítása céljából Fourier-analízisnek vetette alá a hazai szeizmikus mérőberendezések szeizmogrammjait és az alacsony frekvenciás átvitel szempontjából kritikát gyakorolt és rangsorolta hazai berendezéseinket. Egyben egy bizonyos nívóértéket ad meg a szűrők optimális »vágási élességének«. A szeizmogrammok Fourier analízise igen nagyjelentőségű új kutatási módszer és hazai bevezetésük Varga kartárs érdeme ; szándékunkban is áll a módszer nyujtotta lehetőségeket a robbantási és a műszertechnika minél szélesebb területein kihasználni. Azonban a jelen probléma eldöntésére, hogy tudniillik melyik az optimális »vágási élesség«, még igen nagyszámú és lehetőleg széles spektrumú felvétel analízisére van szükség. Erre hosszabb kutatómunka lenne szükséges. Egyelőre rövidebb utat választottunk. Meglevő berendezéseink alacsony frekvenciás átvitelét laboratóriumban össze fogjuk mérni és a terepen e szempontból legjobbnak mutatkozó eszközhöz fogjuk a többit is hangolni. Az utólagos Fourier-analízisek feladata lesz tisztázni, hogy helyesen jártunk-e el.

Varga kartárs megemlíti azt a lehetőséget, hogy esetleg a reflexiók minőségéből lehetne a reflektáló felület anyagi minőségére következtetéseket levonni. E kérdés igen érdekes, megoldása nagyjelentőségű volna. Azonban a probléma nehezen látszik megoldhatónak, mert — csak longitudinális hullámok észlelése esetén — ellentétben van az előadó és Gálfi kartárs által is említett rezonanciateóriával. Egyed kartárs által említett módszer — longitudinális és transzverzális hullámok egyidejű észlelése — némi reményt nyujt e kérdés megoldására.

A FÜGGŐVONALELHAJLÁS

RENNER JÁNOS

I

I. Bevezetés

Eötvös Loránd 1907-ben az Internationale Erdmessung kiadványai közt megjelent alapvető értekezésében behatóan foglalkozik azzal a kérdéssel, hogyan lehet a torziós-ingával nyert mérési eredményekből *függővonalelhajlásokat* kiértékelni és ezek alapján a nivófelület alakjára következtetni. Eötvös a függővonalelhajlások kiértékelését az Aradtól keletre fekvő területre végezte el, amelyen torziós-ingamérések történtek. Ugyanezzel a kérdéssel foglalkozik Eötvös 1910-ben az Internationale Erdmessung kiadványai közt megjelent értekezésében.

Magyarországon Eötvösnek ilyen irányú munkássága óta függővonalelhajlások rendszeres kiértékelésére nem került sor. Maga Eötvös sem tért vissza később erre a kérdésre és a geoid alakjával kapcsolatban az Alpok keskeny völgyeiben jelentkező szélsőséges görbületi értékekkel foglalkozott.

Eötvös ingájával hazánkban félévszázad óta igen nagyszámú mérés történt és az ország sík, vagy kevéssé dombos területének legnagyobb része be van hálózva torziós-inga-állomásokkal. A méréseket elsősorban nyersanyagkutatás érdekében végezték és ezért a mérési eredményeket főként a nehézségi erő vízszintes gradiensére és az abból számított izoanomáliákra értékelték ki. A mért állomásokon — kevés kivétellel — meghatározták ugyan a görbületre jellemző mennyiségeket is, azonban a belőlük számított s a főgörbületek irányát meghatározó horizontális irányítóképességek kiértékelésén, valamint ennek nyomán készült szelvényszámításokon túlmenő feldolgozás nem történt.

Tárczy-Hornoch Antal professzor akadémikus 1948-ban hívta fel figyelmemet arra, hogy a Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézetben a magyarországi Eötvös-inga mérések eredményeinek hatalmas anyaga rendelkezésre áll — egyelőre legalább egyes területrészeken — a függővonalelhajlások kiértékelésére. Kétségtelen, hogy Eötvös nyomdokain haladva, ennek a kiértékelésnek végrehajtása erkölcsi kötelességünk volna még akkor is, ha ez a munka nem illeszkednék bele szorosan kutatómunkánk tervébe. Eötvös emlékének hódolunk és régi mulasztásunkat tesszük jóvá akkor, amidőn Eötvös nagy-

jelentőségű kezdeményezését továbbfolytatjuk. Ezen felül azonban 1950 óta a függővonalelhajlások kiértékelése a Geofizikai Intézet kutatási tervének szerves része, amelyet mind a Magyar Tudományos Akadémia, mind az Országos Tervhivatal folyamatos kutatási témaként elfogadott.

E szempontok figyelembe vételével harmadfél évvel ezelőtt hozzáfogtam e kérdés tanulmányozásához és számba véve a lehetőségeket, a Budapesttől keletre eső, Eötvös-ingával 1935-ben, 1948-ban és 1949-ben részletesen felmért területet választottam ki tanulmányi területnek a függővonalelhajlások kiértékelésére.

Mivel Eötvös módszere szerint a függővonalelhajlások kiszámításához a kérdéses területnek legalább két pontjában meg kell határozni asztrogeodéziai mérésekkel a függővonalelhajlás É—D-i összetevőjét, felkértem az Országos, Földméréstani Intézetet e mérések elvégzésére. Az Országos Földméréstani Intézet nagy előzékenységgel vállalkozott a feladat teljesítésére és 1949-ben valamint 1950-ben a Budapesttől K-re eső terület 3 pontján csillagászati úton nagy pontossággal megmérte a sarkmagasságokat. Az Országos Földméréstani Intézetnek és a mérésekben résztvett munkatársainak szíves fáradozásukért és kiváló gondos munkájukért e helyen is hálás köszönetet mondok.

Bár a számításokat és kiértékeléseket a kiválasztott tanulmányi területre nézve sem tekintem lezártnak, eddigi számításaim eredményéről röviden beszámolok és azokból egyes következtetéseket igyekszem levonni. Az eddig feldolgozott terület mindenesetre kiegészítésre szorul és a kiértékelés módszerében is lehetségesek további módosítások.

II. A számítások módszere

Ha a nehézségi erőtér potenciálja U, akkor a függővonalelhajlások kiértékelésében felhasznált és az Eötvös-ingával mért mennyiségek

$$\frac{\partial^2 U}{\partial y^2} - \frac{\partial^2 U}{\partial x^2} \quad \text{és} \quad \frac{\partial^2 U}{\partial x \partial y},$$

Az x és y koordináta-tengelyek pozitív irányai a vízszintes síkban az É-i, illetőleg K-i irány. Bár ezek az irányok a térben pontról-pontra változnak, nem nagy kiterjedésű terület minden pontjában jó megközelítéssel ugyanazokat a koordináta-irányokat fogadhatjuk el, mert a meridián-konvergenciából származó eltérés az észlelések hibahatárán belül van.

Jelölje a és b a kérdéses terület két szomszédos pontját. A két pont közti viszonylagos függővonalelhajlás É-i irányú összetevője

$$\frac{1}{g} \cdot \xi_{ab} = \frac{1}{g}\left[\left(\frac{\partial U}{\partial x}\right)_b - \left(\frac{\partial U}{\partial x}\right)_a\right]$$

a K-i irányú összetevő pedig

$$\frac{1}{g} \cdot \eta_{ab} = \frac{1}{g}\left[\left(\frac{\partial U}{\partial y}\right)_b - \left(\frac{\partial U}{\partial y}\right)_a\right].$$

Mivel a függővonalelhajlás összetevőit a potenciál első differenciálhányadosai határozzák meg, az Eötvös-inga-mérésekből pedig a második differenciálhányadosokat kapjuk meg, a kiértékelési feladat lényege integrálás, amelyet közelítő eljárásokkal hajtunk végre.

Eötvös erre a célra két eljárást dolgozott ki s mindkettőt az 1907-ben megjelent alapvető értekezésében közölte. A második, pontosabb eljárás lényegében a következő.

Jelöljük az $a \rightarrow b$ irányt s-el, az óramutató járása irányában vele 90° szöget bezáró irányt n-el. Az $a \rightarrow b$ irány és a pozitív x irány közti szög α_{ab}.

A továbbiakban egyszerűség kedvéért a függővonalelhajlás összetevői helyett a g-vel megszorzott értékeket, tehát a vízszintes irányú erőösszetevőket vesszük tekintetbe.

Az erőösszetevőnek az s irányba eső változása a és b pontok között

$$\left(\frac{\partial U}{\partial n}\right)_b - \left(\frac{\partial U}{\partial n}\right)_a = \int_a^b \frac{\partial^2 U}{\partial n\, \partial s}\, ds = \frac{1}{2}\left[\left(\frac{\partial^2 U}{\partial n\, \partial s}\right)_a + \left(\frac{\partial^2 U}{\partial n\, \partial s}\right)_b\right] \cdot s_{ab} = T_{ab}.$$

E képletben s_{ab} az a és b pontok közti távolságot jelenti.

Koordináta-transzformációval

$$T_{ab} = -\xi_{ab} \sin \alpha_{ab} + \eta_{ab} \cos \alpha_{ab}.$$

Mivel az ismeretlen erőösszetevő meghatározására több egyenletre van szükség, a, b, c szögpontú háromszöget veszünk figyelembe. E háromszögnek bc és ca oldalaira az előbbihez hasonló egyenlet állítható fel T_{bc} és T_{ca} kifejezésére és ezenkívül fennáll még az erőösszetevőkre nézve a következő két összefüggés

$$\xi_{ab} + \xi_{bc} + \xi_{ca} = 0 \quad \text{és} \quad \eta_{ab} + \eta_{bc} + \eta_{ca} = 0.$$

Mivel ilyenmódon 5 független egyenlet áll fenn a 6 ismeretlen mennyiség között, az egyik ismeretlen mennyiség értékét másmódon kell meghatározni. Ezért van szükség a függővonalelhajlás É-i összetevőjének asztrogeodéziai meghatározására a kérdéses terület 2 pontján. Ha tehát az egyik É-i irányú erőösszetevőt egyelőre ismeretlennek tekintjük és ezt a következőképen jelöljük $\xi_{ab} = u$, akkor a következő megoldások adódnak:

$$\eta_{ab} = \frac{T_{ab} + u \sin \alpha_{ab}}{\cos \alpha_{ab}}$$

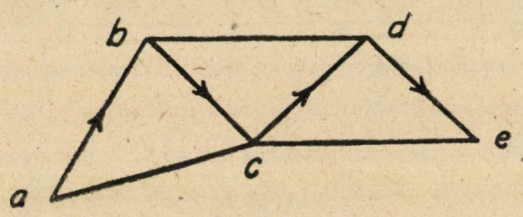
$$\xi_{bc} = \frac{T_c \cos \alpha_{ca} + (T_c - \xi_{ab} \sin \alpha_{ca} + \eta_{ab} \cos \alpha_{ca}) \cos \alpha_{bc}}{\sin (\alpha_{ca} - \alpha_{bc})} \qquad \text{(I)}$$

$$\eta_{bc} = \frac{T_{bc} \sin \alpha_{ca} + (T_{ca} - \xi_{ab} \sin \alpha_{ca} + \eta_{ab} \cos \alpha_{ca}) \sin \alpha_{bc}}{\sin (\alpha_{ca} - \alpha_{bc})}.$$

Az *abc* háromszöghöz csatlakozó *bcd* háromszögre megfelelő értelmezéssel ugyanezek a képletek alkalmazhatók és így ξ_{cd} és η_{cd} erőösszetevők is kiszámíthatók. Az egymáshoz csatlakozó háromszögekre végrehajtott számítások az erőösszetevők változását eredményezik az $a \to b \to c \to d \to e$ törtvonal mentén (1. ábra).

Az egyelőre ismeretlen u mennyiség meghatározása érdekében a törtvonalat 2 olyan pont között kell vezetni, amelyeken a függővonalelhajlás É-i összetevője asztrogeodéziai mérésekből ismeretes.

Eötvös az aradi területre vonatkozó számítását elősízben úgy végezte el, hogy az egymáshoz csatlakozó háromszögek szögpontjaiul a tényleges észlelési pontokat választotta, számítási módszerét később egyszerűsítés kedvéért négyzetes hálózatra is alkalmazta.



1. ábra

A Budapesttől K-re eső területre a számításokat közvetlenül négyzetes hálózat alapulvételével végeztem el. A négyzetes hálózat szögpontjaira a második differenciálhányadosokat a közvetlen észlelési eredményekből lineáris interpolációval határoztam meg. Ennek az interpolációnak megvan az az előnye, hogy a hálózat egyes szögpontjaira 3—3 észlelési értékből adódó jellemző adatokat szolgáltat, tehát az egyes észlelésekben esetleg mutatkozó hibák hatását lecsökkenti. Ez az eljárás bizonyos mértékben az észlelt értékek kiegyenlítését pótolja.

Az erőösszetevők kiszámítására a négyzetes hálózat alapulvételével egyenlőszárú derékszögű háromszögek szolgálnak. E háromszögek helyzete szerint az I. alatti képletek különbözőképen módosulnak. Megjegyzem, hogy a háromszög helyzetén kívül a csatlakozó oldal fekvése és a körüljárás iránya is módosítja a kiértékelő képletet.

Néhányat felsorolok a tényleges kiértékelő számításaimban előfordult legjellemzőbb esetek közül (2. ábra).

1. eset $\xi_{bc} = \sqrt{2}\, T_{bc} - T_{ca} + \eta_{ab}$
$\eta_{bc} = T_{ca} - \eta_{ab}$

2. eset $\xi_{bc} = T_{ca} - \xi_{ab}$
$\eta_{bc} = -T_{bc}$

3. eset $\xi_{bc} = T_{bc} - \sqrt{2}\, T_{ca} - \xi_{ab} + \eta_{ab}$
$\eta_{bc} = T_{bc}$

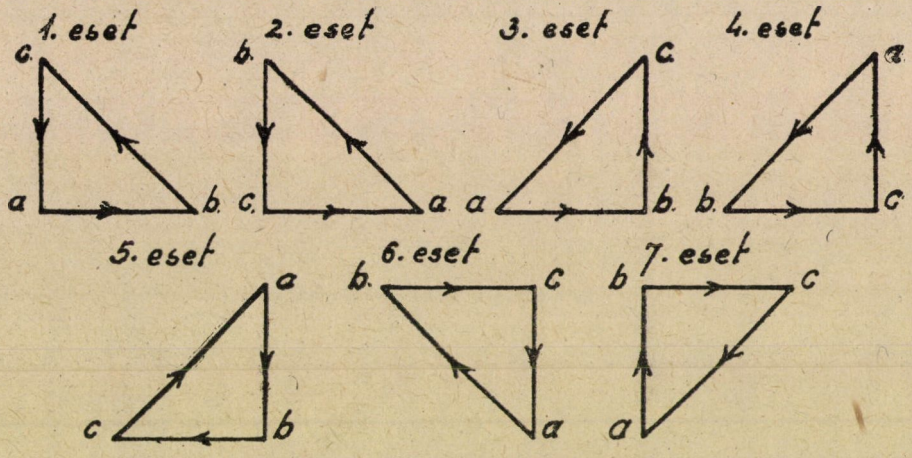
4. eset $\xi_{bc} = -T_{bc}$
$\eta_{bc} = -T_{ca} - \eta_{ab}$

5. eset $\xi_{bc} = T_{bc}$
$\eta_{bc} = T_{bc} - \sqrt{2}\, T_{ca} + \xi_{ab} - \eta_{ab}$

6. eset $\xi_{bc} = -T_{bc}$
$\eta_{bc} = T_{ca} - \eta_{ab}$

7. eset $\xi_{bc} = -T_{bc}$
$\eta_{bc} = -T_{bc} + \sqrt{2}\, T_{ca} + \xi_{ab} - \eta_{ab}$

A háromszög mindegyik helyzetében 6, összesen tehát 24 eset fordulhat elő.



2. ábra

A felsorolt példák mutatják, hogy a legtöbb esetben az erőösszetevő számítása aránylag egyszerű.

Ha a második differenciál-hányadosok a négyzetes hálózat szögpontjaiban ismeretesek, akkor az egyenlőszárú derékszögű háromszögek továbbfejlesztésével a függővonalelhajlások kiértékelése a terület bármely részére kiterjeszthető és így el lehet végezni a számítást olyan nagyobb összefüggő területre nézve, amely a további következtetések szemszögéből érdekes.

III. A függővonalelhajlások kiértékelése a Várhegy és a Cinkotai-út között

Az Országos Földméréstani Intézet felkérésemre elsősorban a Várhegyen és a Cinkotai-út mellett levő III-rendű pontok földrajzi szélességét határozta meg csillagászati megfigyelésekkel. A mérések eredményei a következők:

Várhegy : geoidális sarkmagasság 47° 42′ 34,37″ ± 0,12″
geodéziai sarkmagasság 47° 42′ 31,95″
Ennek alapján a függővonalelhajlás É-i összetevője + 0° 0′ 2,42″.
Cinkotai-út : geoidális sarkmagasság 47° 30′ 4,98″ ± 0,14″
geodéziai sarkmagasság 47° 30′ 3,84″.
Ennek alapján a függővonalelhajlás É-i összetevője + 0° 0′ 1,14″.

Ezen adatok birtokában első feladatul azt tűztem ki, hogy a két asztrogeodéziai pont között összekötő háromszöghálózatot fejlesszek ki a függővonalelhajlások kiszámítása céljából.

A Várhegy és a Cinkotai-út között fekvő területen 1935-ben folytak mérések Eötvös-ingával. E mérések alkalmával térképi hatásokat nem számítottak ki, mivel a gyakorlati következtetések szemszögéből a gradiens jelentős, arra pedig a térképi hatás elhanyagolható. A görbületi adatok földalatti rendellenességeinek meghatározásánál figyelembe kell venni a térképi hatást. A térképi hatás nélkül a görbületi adatok a topografikus rendellenességeket adják. Ezen a területrészen a függővonal-elhajlások kiértékelését a topografikus rendellenességek alapján végeztem. Megemlítem, hogy az aradi területen Eötvös is a topografikus rendellenességekből indult ki.

A Cinkotai-út és a Várhegy közti kb. 24 km-nyi távolságon 46 hálózati pontot iktattam be 24 egyenlőszárú derékszögű és 2 általános háromszöggel. A négyzetes hálózat szögpontjaiul az 1 : 25 000 méretarányú térképek kilométeres hálózatának metszőpontjait fogadtam el a két asztrogeodéziai pontot összekötő területsávon. Ezekre a pontokra az említett lineáris interpolációval kiszámítottam a második differenciálhányadosokat és a Cinkotai-úti pontból kiindulva folyamatos levezetéssel megállapítottam a vízszintes erőösszetevőket.

A két asztrogeodéziai pontot összekötő törtvonalon az É-i irányú erőösszetevő összes változása D-ről É felé haladva $-19{,}28 \cdot 10^{-3} + 74{,}66\ u \cdot 10^{-3}$. Az asztrogeodéziai mérésből a változás a két pont között +1,28″. Ezt a változást erőösszetevőre átszámítva $6{,}088 \cdot 10^{-3}$ értéket kapunk.

$$-19{,}28 + 74{,}66\ u = 6{,}088$$

összefüggésből $u = +0{,}34$.

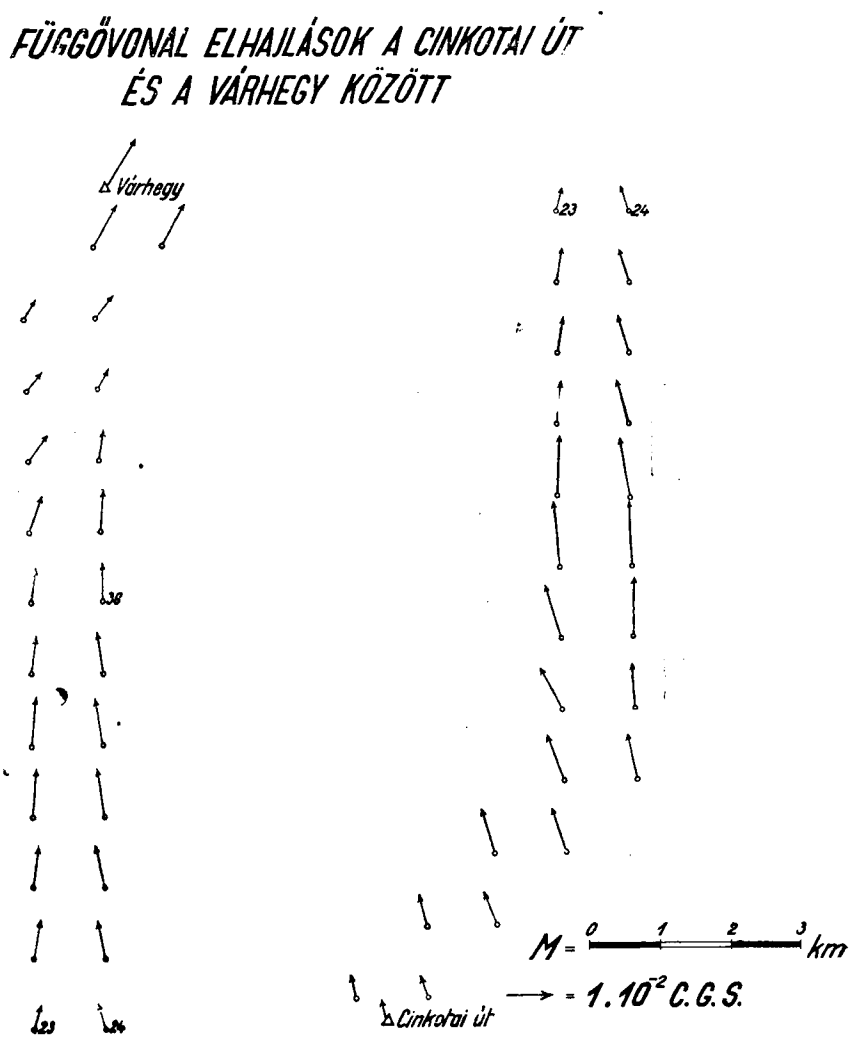
Az *u* mennyiség így nyert értékének felhasználásával mind az É-i, mind a K-i irányú vízszintes erőösszetevők változásai a törtvonal mentén ismertté válnak.

Az asztrogeodéziai mérésekből a két végpontban az É-i irányú erőösszetevő abszolut értékei a következők :

a Cinkotai-út mellett $+ 5{,}42.10^{-3}$
a Várhegyen ..... $+ 11{,}51.10^{-3}$

Az É-i irányú erőösszetevőre a közbenső hálózati pontokon is abszolut értékeket kapunk. Másként áll a helyzet a K-i irányú erőösszetevő tekintetében. Ezekre csak a viszonylagos változásokat tudjuk kiszámítani.

Eötvös az aradi területnek egyik pontján a K-i irányú erőösszetevőt 0-nak tételezte fel és ebből kiindulva vezette le a többi pontokra a K-i irányú erőösszetevők értékeit.



3. ábra

A Cinkotai-út és a Várhegy közti területen a következő eljárást követtem. A Cinkotai-út melletti ponton az erőösszetevő értékét egyelőre 0-nak véve, valamennyi pontra kiszámítottam a K-i irányú erőösszetevők viszonylagos értékeit. Ezek középértéke a 36. jelzésű pont értékét adta. Indokolt tehát e

helyen a K-i irányú erőösszetevő értékét 0-nak venni. Ennek megfelelően valamennyi pontra kiszámítottam az erőösszetevőket.

A 3. ábra feltünteti az egyes hálózati pontokban az É-i és K-i irányú vízszintes erőösszetevők eredőit, vagyis a valódi függővonalelhajlásokkal arányos vektorokat. A rajz megtekintéséből nyomban szembetűnik, hogy az egész területsávon az É—D-i irányú összetevők kivétel nélkül pozitívok, negatív irányú összetevő nem is fordul elő. A vektorok K—Ny-i irányú összetevői a területsáv D-i részén inkább negatívok, vagyis Ny-i irányúak, a területsáv É-i részén pedig K-i irányúak.

A vektorok uralkodó É-i iránya a két végpont asztrogeodéziai meghatározásában is kifejezésre jut, a közbenső területsávon elvégzett kiértékelés a függővonalelhajlásnak ezt a jellegét az egész területsávon megállapítja. A függővonalelhajlásokat mind a földalatti hatótömegek, mind a föld feletti tömegegyenetlenségek befolyásolják. Valószínű, hogy az É-i jellegű függővonal-elhajlásokban főként az É-i hegyvidék topografikus hatása érvényesül.

IV. A függővonalelhajlások kiértékelése a Szinaihegy és a Cinkotai-út között

Az Országos Földméréstani Intézet felkérésemre a Szinaihegyen is végzett csillagászati sarkmagasságmérést. A Szinaihegy pontjával kb. egy meridiánon levő Nagyháton is tervbe van véve az asztrogeodéziai mérés, eddig azonban az Országos Földméréstani Intézet egyéb sürgős tervmunkái miatt nem valósulhatott meg. Ennek következtében a Szinaihegyen levő pontot az előbbiekben ismertetett Cinkotai út melletti ponttal kötöttem össze.

Az asztrogeodéziai mérések eredménye szerint

Szinaihegy csillagászati sarkmagassága 47° 41′ 0,634″ ± 0,092″
geodéziai sarkmagasság ..... 47° 40′ 59,12″.
Tehát a Szinaihegyen a függővonalelhajlás É-i összetevője + 1,514″.
Erőösszetevőre átszámítva $+ 7{,}20.10^{-3}$.

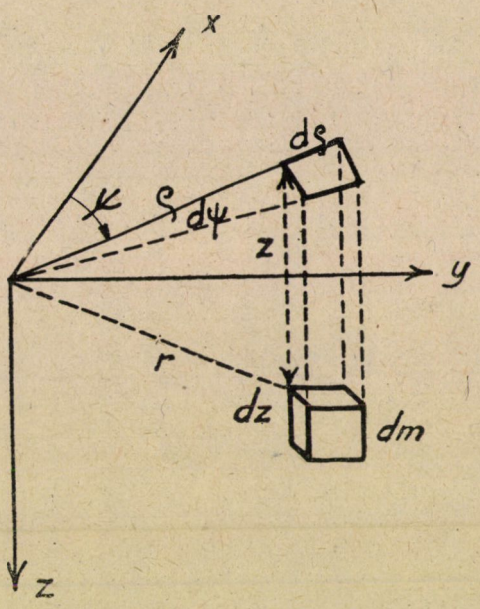
A Szinaihegyen és a Cinkotai-út mellett levő asztrogeodéziai pontokat összekötő területsáv É-i szakasza É—D-i irányú, középső szakasza ÉK—DNy-i irányú, D-i szakasza pedig KNy-i irányú. Összes hosszúsága kb. 30 km. Ezen a területsávon a két végpont közé 53 négyzetes hálózati pontot iktattam be.

A feldolgozott területsáv középső szakasza olyan helyeken halad keresztül, amelyek a gradiensek szemszögéből anomáliákat mutatnak. Ezért a függővonalelhajlások kiértékelését a középső szakaszon az összekötő sáv kiszélesítésével nagyobb összefüggő területre terjesztettem ki.

Az összekötő területsáv legnagyobb részén 1948-ban és 1949-ben folytak mérések Eötvös-ingával, s e mérések eredményeinek feldolgozásában térképi hatást is számítottak. Ennélfogva a görbületi mennyiségekben is rendelkezésre

állanak a földalatti rendellenességek. A területsávnak Cinkota felé eső utolsó szakasza az 1935. évi mérések területére esik, ezért erre a területrészre a Geofizikai Intézet munkatársai a hiányzó térképi hatásokat időközben kiszámolták és így az egész feldolgozásban a görbületi mennyiségek földalatti rendellenességeit vettem figyelembe.

Ebben a kiértékelésben nem hagyható figyelmen kívül az a körülmény, hogy a végpontokban történt asztrogeodéziai meghatározások a topografikus



4. ábra

értékeknek felelnek meg, mert a domborzati viszonyoknak megfelelő térképi hatást magukban foglalják. Összehasonlítás csak akkor történhetik, ha vagy az Eötvös-inga észlelésekből számított értékekhez a végpontokban a térképi hatást hozzáadjuk, vagy pedig az asztrogeodéziai meghatározásokat a térképi hatással redukáljuk. Mindenképen szükséges tehát az É-i irányú erőösszetevőre a térképi hatás kiszámítása.

A *térképi hatás* számítására a következő közelítő eljárást dolgoztam ki.

Legyen a vonatkozási pont az x y z koordináta rendszer kezdőpontja, az xy sík vízszintes, a z tengely függőleges és lefelé pozitív (4. ábra).

A dm tömegelem σ sűrűség mellett a következőképen fejezhető ki

$$dm = \sigma \varrho \, d\psi \, d\varrho \, dz.$$

E tömegelem potenciálja a kezdőpontban

$$f\frac{dm}{r},$$

ahol $f = 66{,}5.10^{-9}$ a tömegvonzás állandója.

$$r^2 = x^2 + y^2 + z^2 = \varrho^2 + z^2$$

Az É-i irányú vízszintes erőösszetevő

$$\frac{\partial U}{\partial x} = -f\frac{dm}{r^2}\frac{x}{r} = -f\frac{dm\ \varrho\cos\psi}{r^3}.$$

Véges tömegrész hatása

$$\frac{\partial U}{\partial x} = -\sigma f\iiint\frac{\varrho^2}{(\varrho^2+z^2)^{3/2}}(\cos\psi)\,d\psi\,d\varrho\,dz.$$

Véges keskeny $\Delta\psi$ szögnyílásban levő tömeg hatása

$$\frac{\partial U}{\partial x} = -\sigma f(\cos\psi)\cdot\Delta\psi\iint\frac{\varrho^2}{(\varrho^2+z^2)^{3/2}}d\varrho\,dz =$$

$$= -\sigma f(\cos\psi)\cdot\Delta\psi\int_{\varrho_1}^{\varrho_2}\frac{z}{(\varrho^2+z^2)^{1/2}}d\varrho = -\sigma f(\cos\psi)\,\Delta\psi\cdot z\ln\frac{\frac{\varrho_2}{z}+\sqrt{1+\frac{\varrho_2^2}{z^2}}}{\frac{\varrho_1}{z}+\sqrt{1+\frac{\varrho_1^2}{z^2}}} =$$

$$= -\sigma f(\cos\psi)\cdot\Delta\psi\,z\left[\ln\frac{\varrho_2}{\varrho_1}+\ln\frac{1+\sqrt{1+\frac{z^2}{\varrho_2^2}}}{1+\sqrt{1+\frac{z^2}{\varrho_1^2}}}\right].$$

Kevéssé tagolt domborzatú területen, mint amilyen a szóbanforgó terület, a $\frac{z}{\varrho}$ viszony többnyire $\frac{1}{100}$-nál kisebb s ezért a korrekciós tag elhanyagolható.

A közelítő képlet tehát

$$\frac{\partial U}{\partial x} = -\sigma f(\cos\psi)\,z\cdot\Delta\psi\ln\frac{\varrho_2}{\varrho_1}.$$

Ha a hatótömeg a vízszintes sík felett van, akkor z negatív, tehát az erőösszetevő pozitív.

E közelítő képlet felhasználásával a teljes szögnek 12 részre osztásával kiszámítottam mind a Szinaihegyen, mind a Cinkotai-út mellett levő asztrogeodéziai pontra vonatkozólag a térképi hatást. Eredményeim a következők:

Szinaihegy: $\frac{\partial U}{\partial x} = +1{,}694 \cdot 10^{-3}$

Cinkotai-út: $\frac{\partial U}{\partial x} = +1{,}497 \cdot 10^{-3}$.

E térképi hatások levonásával az É-i irányú erőösszetevők értékei a földalatti rendellenességeknek megfelelően:

Szinaihegy: $\frac{\partial U}{\partial x} = +5{,}506 \cdot 10^{-3}$.

Cinkotai-út: $\frac{\partial U}{\partial x} = +3{,}924 \cdot 10^{-3}$.

Az Eötvös-inga-mérések földalatti rendellenességeiből kiszámított változás a Szinaihegytől a Cinkotai-út felé haladva: $+36{,}04 \cdot 10^{-3} + 20{,}35\, u \cdot 10^{-3}$.

Az asztrogeodéziai mérések szerint a változás ugyanilyen értelemben $-1{,}582 \cdot 10^{-3}$

$+36{,}04 + 20{,}35\, u = -1{,}582$ összefüggésből

$u = -1{,}849$.

Ezt az értéket használtam fel az összekötő területsávon végigfutó törtvonal egyes szakaszain az erőösszetevők változásának kiszámítására. Az asztrogeodéziai pontok redukált értékei alapján az É-i irányú erőösszetevők abszolut értékei közvetlenül meghatározhatók voltak.

Ezzel szemben a K-i irányú erőösszetevők értékei mindaddig viszonylagosak, amíg a kérdéses terület valamely pontjában megfelelő indokolással kiinduló értéket fel nem veszünk. Az összekötő területsáv hosszú voltára tekintettel nem tartottam célszerűnek az egész területsávra kiterjesztett középérték-számítást. E helyett a 65 és 89 jelzésű hálózati pontok közé eső nagyobb anomália területre számítottam ki a K—Ny-i irányú vízszintes erőösszetevők ideiglenes értékeinek középértékét.

A K—Ny-i irányú erőösszetevők ideiglenes értékeinek középértékét 67 hálózati pontból meghatározva $5{,}9 \cdot 10^{-3}$ értéknek találtam. Ezt az értéket kivontam valamennyi K—Ny-i irányú erőösszetevő ideiglenes értékéből.

Az 5. ábra az erőösszetevők eredőit tünteti fel az összekötő területsáv egyik szakaszának és az anomália-területnek hálózati pontjaiban. Ezen a területen mind déli, mind északi irányú erőösszetevők előfordulnak. Az eredő vektorok nagyságrendje a terület legnagyobb részén nagyjában ugyanaz, csupán a terület déli részén találhatók nagyobb értékű erővektorok.

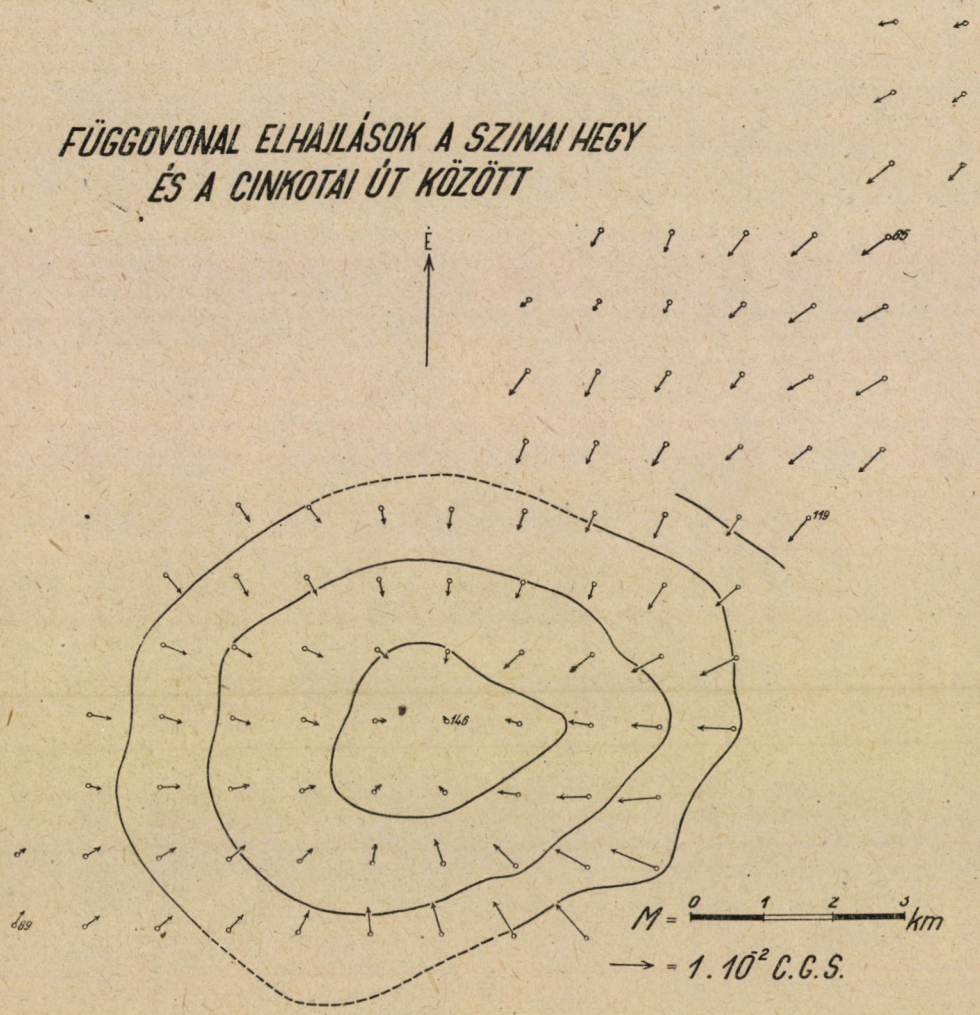
Különösen szembeszökő a nagyobb összefüggő területrészen a vízszintes erőösszetevők eredőinek szabályos centrális rendszere. Az eredő vektorok a területrész közepe felé irányulnak s így a terület közepe táján olyan földalatti ható tömeget jeleznek, amely környezetéhez viszonyítva nagyobb sűrűségű. Nyilvánvaló tehát, hogy a földalatti rendellenességekből számított függővonalelhajlások következtetést engednek a földalatti rétegek szerkezetére.

Ismeretes, hogy az Eötvös-ingával meghatározott görbületi mennyiségek általában nagyobb hibákkal vannak terhelve, mint a gradiens összetevői. Egyrészt nagyobbak a görbületi mennyiségekre vonatkozó szorzóállandók, mint a gradiens szorzóállandói, másrészt a térszín egyenetlenségei a görbületi mennyiségekben erősebben éreztetik hatásukat. Ez a körülmény bizonyosfokú óvatosságra int a görbületi mennyiségek felhasználásában a függővonalelhajlások kiértékelésére. Ezért fontos annak számbavétele, hogy nagyobb összefüggő terület körüljárásakor a kiértékelt függővonalelhajlások mekkora záróhibát adnak. Erre vonatkozólag számítást végeztem az anomáliaterület egyik részén és az azt bezáró poligonnak 19 km hosszú kerületén a záróhibát az É-i erőösszetevőben 0,5 · 10^{-3} értékűnek, a K-i összetevőben 1,45 · 10^{-3} értékűnek találtam. Ez a nagyságrendben kicsi záróhiba és ezenkívül a kiértékelt függővonalelhajlások rendszeres volta azt bizonyítja, hogy az Eötvös-ingával mért görbületi mennyiségek a függővonalelhajlások kiértékelésére még egyenetlen térszín esetében is alkalmasak. Általában azonban megfelelő kritikával kell megvizsgálni a felhasználandó mérési adatokat és ezenkívül célszerűnek mutatkozik a kiegyenlítési számítás alkalmazása.

A vízszintes erőösszetevőkből a nagyobb összefüggő területre vonatkozóan a *potenciál* változását is kiszámítottam. Az 5. ábra az ekvipotenciális vonalakat is feltünteti 500 C. G. S. értékközzel. A potenciál értékét a 119. számú hálózati pontban önkényesen zérusnak vettem fel. A centrális rendszert mutató erővektoroknak megfelelően az ekvipotenciális vonalak zárt görbék. A potenciál változása a 119. és a 146. hálózati pontok között 2200 C. G. S. egység. Ez azt jelenti, hogy ha a referencia-ellipszoid és a geoid szintfelülete a 119. pontban egybeesnék, akkor a szóban forgó terület közepén, a 146. hálózati pontban a földalatti hatók a geoid szintfelületét kb. 2 cm-rel megemelik.

A függővonalelhajlás kiértékelésének kérdése további vizsgálatokat kíván. Részletes kritikai vizsgálatnak kell alávetni a hibaszámítást, a kiegyenlítési számítás lehetőségét és azt a kérdést, hogy ugyanazon a területen hogyan viszonylanak egymáshoz a topografikus- és a földalatti rendellenességekből számított függővonalelhajlások. Tervbe vettem a függővonalelhajlások kiértékelésének kiterjesztését az ország egyéb területeire, egyrészt a felső geodéziai problémák megoldásának elősegítésére, másrészt a nyersanyagkutatással összefüggő földalatti szerkezetmegismerés érdekében. Különböző mélységben fekvő diszkordáns rétegekből álló földalatti alakulat esetében feltételezhető, hogy az

eredő hatás a görbületi mennyiségekből számított függővonalelhajlásokban némileg eltér attól, ami a gradiensekből számított izoanomáliákban mutatkozik. Ez az eltérés lehetőséget nyujthat bizonyos mértékben az egyes földalatti hatók különválasztására.



5. ábra

Köszönetet mondok *Tárczy-Hornoch Antal* professzor akadémikusnak azért, hogy figyelmemet erre a fontos témakörre s különösen a szerkezetkutatásban való alkalmazás lehetőségére felhívta és munkámban értékes tanácsaival támogatott. Köszönettel tartozom *Oszlaczky Szilárd* geofizikai intézeti osztályvezetőnek a kiértékelés egyes elvi kérdéseiben nyujtott szíves segítségéért.

HOZZÁSZÓLÁSOK

RENNER JÁNOS »A FÜGGŐVONALELHAJLÁS« CÍMŰ ELŐADÁSÁHOZ

DR. RYBÁR ISTVÁN

Nagy érdeklődéssel hallgattam meg Renner János kartársunk előadását. Nagy érdeklődéssel különösen azért is, mert Eötvös Lórándnak a relatív függővonalelhajlás meghatározására vonatkozó alapvető munkája óta eltelt több mint négy évtized alatt, a most elhangzott előadás volt az első olyan előadás, amely Eötvös említett munkájához kapcsolódva a függővonalelhajlásnak torziósmérési adatokkal történő meghatározásával foglalkozik.

Ismeretes, hogy Eötvös Lóránd az 1906. évi alapvető munkájában megmutatta azt, hogy miként lehet a függővonalelhajlásnak északi és keleti összetevőjét meghatározni egy a torziósmérésekkel behálózott területen, ha a terület két állomásán asztrogeodéziai mérések alapján ismeretes a függővonalelhajlás említett két összetevője. Két meghatározási eljárást közölt, amelyek közül a második különösen alkalmas nagyobb területen a relatív függővonalelhajlás meghatározására. Azóta hosszú idő telt el, s bár az 1920-as évek után a torziósmérések nagy lendülettel indultak, és hatalmas méretekben folytak szerte a világon, így hazánkban is, — mégsem találunk egyetlen olyan dolgozatot sem, amely Eötvös említett vizsgálatához kapcsolódott volna. Oka ennek az, hogy a torziósmérések csaknem kizárólag célkutatás, a nyersanyagkutatás szolgálatában állottak s a kutatók a torziósinga által meghatározott gradiensek és görbületi értékek közül elégségesnek tekintették egyedül a gradiensek felhasználását az észlelési adatok kiértékelésének céljára. Nálunk is hasonlóképp történt. Ma Magyarország csaknem egész területe, torziós-inga állomásokkal van behálózva, valamennyi állomáson ismeretesek a torziós-inga nyujtotta gradiens és görbületi értékek. De a görbületi értékek nálunk is parlagon maradtak, s csak, ritka, kivételes esetekben használták azokat szelvény számítások esetében. Az észlelési anyagnak csak egy része került további feldolgozásra, a másik része kihasználatlanul hevert.

Renner János kartársunknak nagy érdeme, hogy felismerve a görbületi értéknek is nagy jelentőségét a nehézségi erő vizsgálata szempontjából, az észlelési feljegyzésekből kiemelte az eddig elhanyagolt görbületi értékeket és hozzáfogott azok kiértékeléséhez: Eötvös által megadott módon a függővonal elhajlások meghatározásához.

Vizsgálata tárgyává választotta Budapesttől keletre fekvő torziósingákkal kimért területet. E területen a relatív függővonaleltérés meghatározása céljából Eötvös második módszerét alkalmazta, de számításainak alapjául szolgáló háromszöghálózat háromszögeiül nem a szomszédos észlelési állomásokat összekötő egyenesekkel határolt háromszögeket vette, hanem — igen szellemesen — egyenszárú derékszögű háromszögeket. Ezáltal a számítási eljárást lényegesen egyszerűsítette és gyorsította. Ez utóbbinak az előzőkhöz képest az az előnye is megvan, hogy a derékszögű egyenszáru háromszögek csúcspontjaihoz tartozó görbületi értékeket a szomszédos állomások interpolált középértékei adják s így ez értékek már bizonyos fokig kiegyenlített adatok.

Vizsgálatainak eredményeit előtüntető ábrában szembeötlő a nagy rendszer a függvonalelhajlásokat meghatározó vízszintes erőösszetevőkben. Fel-

tűnő, hogy amíg a görbületi értékek eloszlása nem mutat különös szabályosságot, addig a belőlük számított vízszintes erőkomponensek szinte kiáltó rendszerességet árulnak el. Ez a körülmény azt mutatja, hogy a vizsgálatok különösen nagyjelentőségűek s azzal a reménnyel kecsegtetnek, hogy a nyert eredmények további kiértékelése értékes eredményekhez vezethet.

De a vízszintes erőösszetevőkben felismerhető nagy rendszer azt is mutatja, hogy Renner kartársunk nagy szaktudásával és bámulatos érzékével mindjárt a legelső alkalommal Magyarország egész területéről kiválasztotta azt a területet, amely szép eredményekkel kecsegtette és mint látjuk, azokhoz vezette is. Az észlelések jóságát, a számítások helyességét bizonyítja, hogy a zárógörbe mentén vett integrál értéke zérustól csak kevéssel tér el. Hogy mit jelent e kis eltérés, azt azok a geofizikusok tudják kellőkép értékelni, akik hasonló számításokat végeztek.

A geofizikusok előtt ismeretes, hogy egy állomás görbületi értékei bizonytalanabbak a gradiens értékénél. Már maga a torziós-inga valamivel kisebb pontossággal határozza meg a görbületi értéket, mint a gradienst. De ez nem az oka az említett bizonytalanságnak. Ez a bizonytalanság a környezet terrén és kartografikus hatásaiból származik. E hatások számítási formuláiban a görbületi értékek szorzótényezője nagyobb a gradiens szorzótényezőjénél, azonkívül a görbületi értékek a ható tömeg távolságának négyzetével, a gradiens pedig a harmadik hatvánnyal fordítva arányos. A ható tömeg görbületi hatása nagyobb értékből kiindulva lassabban csökken a távolsággal, mint a gradiens hatása. Ezért van az, hogy nagyobb távolságban a gradiens elenyésző csekély, de a görbületi értékek még számba veendő mennyiségek. Ezenkívül előfordulhat, hogy a terrén vagy a kartografikus hatások kiszámításának adatait nyujtó, használatos szintezési, illetve kartografikus irányok bizonyos terepegyenlőtlenségeket elkerülnek. Ily esetben a számított hatásokban a terepegyenlőtlenség hatása nincs benn, holott a valóságban az jelen van. A gyakorlott észlelő az állomás kijelölésekor evvel a lehetőséggel is számol és úgy helyezi el az állomást, hogy a szintezési irányok hozzásimuljanak a terephez.

Az a szép rendszer, amelyet Renner kartársunk vizsgálatainak eredményeit előtüntető vízszintes erőkomponensek mutatnak, továbbá a zárási görbe mentén vett vonalintegrálnak a zérushoz közeli értéke bizonyítja, hogy az észlelések kivitelekor a fent felsorolt szempontokat is figyelembe vették.

Bár a számítások pontossága messzemenően kielégitő, mégis talán még valamivel nagyobb pontosság volna elérhető, ha az észlelésekből eredő görbületi értékek helyett az összes állomások görbületi adataiból kiegyenlítéssel számított értékek szerepelnének. Bizonyos, hogy Renner kartárs is tudott erről, csupán az idő rövidsége akadályozta meg őt e sok időt igénybevevő kiegyenlítés elvégzésében.

A függővonalelhajlások az észlelési területen megadják a nívófelület alakját. Ez a geodézia szempontjából bir jelentőséggel. A geofizikus a függővonalelhajlásnak a jelen konkrét esetben felismerhető szép rendszeréből még más fontos jelentőséget és lehetőséget is olvashat ki. A rajzban ábrázolt vízszintes erőkomponensek az észlelési terület alatt tömegtöbbletet sejttetnek, amelyet a gradiensekből számított izogamma vonalak is mutatnak. Ez az összhang arra enged következtetni, hogy a függővonalelhajlást meghatározó vízszintes erőösszetevők és az azokból származtatott ekvipotenciális görbék épp úgy felhasználhatók az interpretálás céljára, mint a gradiensek és az azokból szerkesz-

tett izogamma vonalak. E művelet bevonásával a következtetések biztonsága növekszik. Ez állítás helyességét különösen azért vélem helytállónak, mert a gradiensek a potenciál második, a vízszintes erőösszetevők pedig az első differenciálhányadosai ; s így, amennyiben ezek ugyanarra a szerkezet felvételére vezetnek, akkor a következtetések realitása nagy. Kívánatosnak tartom e kérdésnek eldöntését, megvizsgálását annak, hogy a vizsgálati területen átfektetett két egymásra merőleges metszetben a gradiensekkel és a vízszintes erőösszetevőkkel külön-külön végrehajtott szelvényszámítások mily fokú egyezéshez vezetnek.

Renner kartársunk munkája a függővonalelhajlások meghatározásának valóságos iskolapéldája mindazok részére, akik a relatív függővonalelhajlásoknak torziós-inga mérések alapján történő meghatározását elsajátítani akarják. Ezzé teszi az elvégzendő számítások egyszerűsítése, a nyert függővonalelhajlások, illetve a vízszintes erőösszetevők szabályos rendszere és az eredmények értelmezése.

Előreláthatólag Renner kartársunk itt előterjesztett munkája egy nagyszabású feladat kezdete, amelynek végcélja egész Magyarország területén a függővonalelhajlások meghatározása. E feladat elvégzése évekig tartó nagy munka, amelyet így is csakis egy többtagú számolócsoport végezhet el, Renner kartársunk irányítása mellett. Ezek a vizsgálatok Magyarországnak csaknem egész területét behálózó torziós-inga állomások észlelési adatai közül az eddig még kihasználatlanul heverő görbületi értékeket használják fel, miáltal az észlelések teljes 100%-os kiértékelését teszik lehetővé.

Ha e nagy munka évek mulva elkészül, akkor rendelkezésünkre fognak állani : a gradiensek és az azokból számított izogammavonalakon kívül a függővonalelhajlások, illetve a vízszintes erőösszetevők és az utóbbiakból levezetett ekvipotenciális görbék. Ezzel hazánk egész területén a nehézségi erő és nívófelülete ismeretessé válnak. Ez az eredmény nemzetközi szempontból is igen nagy jelentőségű lesz.

Mindezekben az eredményekben Renner János kartársunknak van az a nagy érdeme, hogy felismerte e vizsgálat jelentőségét és megindította e nagyszabású munkát.

EGYED LÁSZLÓ

Az előadáshoz néhány gondolatot szeretnék hozzáfűzni. Először is fontosnak tartanám, ha a függővonalelhajlásokkal kapcsolatos vizsgálatok kiterjednének az izosztatikus kérdésekre is. Az a tény, hogy az Eötvös-inga mérési adatai függetlenek a Faye-féle és a Bouguer-féle hatásoktól, komoly lehetőséget biztosít éppen az izosztatikus anomáliák vizsgálatára.

A második gondolat, ami itt felvetődik az, hogy a felsőrendű szintezések elvi alapja a függővonal pontos ismerete. A felszíni tömegek hatása, ha kis mértékben is, zavarja ezt. Szükséges volna ezért itt is korrekciót figyelembe venni.

Az előadásokban szereplő korrekciós formulák mindjárt alkalmazhatók is erre.

A harmadik megjegyzésemmel megerősíteni kívánom az előadásnak azt a gondolatát, hogy a függővonalelhajlásból számított izoanomálgörbék valóban más tömegek hatását hangsúlyozzák, mint a gradiensekből számított, vagy közvetlenül mért izogammák. Ez ugyanis abból következik, hogy egy tömegrészecske hatása az első esetben a távolságnak eggyel alacsonyabb hatványától függ.

OSZLACZKY SZILÁRD

Renner János előadásának különös érdekessége, hogy e tárggyal érdemlegesen, elméletileg és gyakorlatilag, először Eötvös Lóránd foglalkozott 1907-i és 1910-i értekezésében. Azóta a külföldi irodalomban helyenként találkozunk néhány értekezéssel, hazánkban azonban Eötvös óta a kérdés fejlesztése abbanmaradt. Mintegy három esztendeje, hogy Tárczy-Hornoch Antal, mint az Akadémia Geodéziai és Geofizikai Bizottságának elnöke, újból napirendre tűzte ezt az érdekes problémát.

Az Eötvös-ingával meghatározott anomális főgörbületi különbségek és ezek irányai, az ú. n. görbületi adatok ásványi nyersanyagkutatási értelmezéseinkben éppen olyan fontos szerepet játszanak, mint az ugyancsak Eötvös-ingával meghatározott anomális gradiensek, de a görbületi mennyiségeknek és az anomális nivófelületnek, valamint az ezt létrehozó tömegeloszlásnak értelmezése azok számára, akik e mennyiségek mérésében és számítással való meghatározásában maguk nem járatosak, még nagyobb nehézséget okoz, mint a gradiensek értékelése. Miként a geológusok számára sokkal nagyobb bizonyítóerővel bírnak a nehézségi erő izoanomáliái, mint gradiensei, fokozottabban áll ez a görbületi mennyiségekre, amelyek az anomális nivófelület domború, vagy homorú részeit és ezeknek görbültségi viszonyait tüntetik fel.

Mi gyakorlati kutatók, értelmező érveléseinkben tehát erősen nélkülözzük azt a bizonyító erőt a görbületi mennyiségekre nézve, amellyel a gradiensekre nézve a belőlük összegezéssel nyerhető izoanomálok ábrázolásában rendelkezünk. Érthető ilyen módon, hogy Renner János tanulmányát a gyakorlati kutató szempontjából mérlegelem: vajjon várhatunk-e olykor első pillantásra rendszertelennek tűnő anomális görbületi mennyiségeinkre a függővonalelhajlásokban olyan összefoglalást, mint olykor a rendszertelennek látszó anomális gradiensekre az izoanomálokban?

Természetesen előre megmondhatjuk, hogy valamint az izoanomálok nem szaporítják, hanem nagyobb egységekbe vonják össze a gradiensektől kijelölt relatív maximumokat, illetőleg minimumokat, amint ez az összegezés természetéből következik, ugyanígy a függővonalelhajlásokból sem várhatjuk, hogy szaporítsák a gradiensektől vagy görbületi mennyiségektől jelzett anomáliák számát. Például említhetjük a lendvaújfalui maximumot, ahol a relatív anomáliák főként a görbületi mennyiségek segítségével választhatók el egymástól.

Renner János két kidolgozott területegységén, az elsőn, tehát a várhegyi és a Cinkotai-úti asztrogeodéziai pontok közé eső területen térképen nem tüntették fel a szubterrán görbületi anomáliákat (a topografikusokat különben sem szokás feltüntetni), így e területen csak a gradiensek és ezek közvetítésével a nehézségierő izoanomáliái ismeretesek. A megvizsgált területsáv 3, esetleg 4 különálló relatív maximum peremén halad át. Ezzel kell magyarázni, hogy a kiszámított topografikus függővonalelhajlások mind északi irányúak, ezekre merőlegesen semmiféle jól felismerhető centrális elrendezésű anomália nem látható.

A keleti területrész, tehát a Szinaihegy és a Cinkotai-út közötti rész szintén oldalról érint egy nagyobb centrális maximumot, a gödöllőit, de keresztülhalad ettől DNy-ra ennek egy relatív maximumrészletén, az isaszegin. E két maximum mind a szubterrán gradiensekben, mind a görbületi mennyiségekben markánsan jelentkezik, rendszeresebben, mint az interpolációval szerkesztett négyzetes hálózatban. Renner János szubterrán függővonalelhajlásai az isaszegi

maximumot centrálisan körülvehetik, ha a keleti komponenseket, mintegy $6 \cdot 10^{-3}$ cgs egységgel nagyobbítjuk. Erre az eltolásra egyelőre még jogunk van, mivel az asztrogeodéziai pontokban hosszúságmeghatározás nem történt.

Érdekes megjegyezni, hogy Gödöllő és Isaszeg gravitációs képe sokban hasonlít Salomvár és Nagylengyel képéhez.

Renner számításai tehát konkréten megmutatták, hogy ott, ahol a számított terület egy jól meghatározott anomália centrumán halad keresztül, az Eötvös-ingával meghatározott görbületi mennyiségek ilyen összefoglalása mindenki számára bizonyító erővel bíró centrális alakulatot hoz létre.

Hátra lenne még mindkét területrészt, amelyek a Cinkotai-úti asztrogeodéziai pontban érintkeznek, homogén számolásnak alávetni, továbbá az egész területet kiterjeszteni az említett anomáliák területére. A homogén számolás alatt értem, hogy mindkét területen mind a topografikus, mind a kartografikus görbületi mennyiségek feldolgoztassanak. Így kitűnnék, milyen új megismerésekhez jutnánk el e módon. Hasonlóképen érdemes lenne további asztrogeodéziai pontok létesítése, csatlakozóan a most feldolgozott területhez. Úgy tudom, mind az előbbi, mind az utóbbi kívánság megvalósítása tervbe van véve.

Azt gondolom, a dolgozat szép eredményei a legjobb dicséret Renner János számára, aki súlyos igazgatói teendői mellett sok éjszakai munkával időt tudott magának teremteni e probléma kimunkálására.

HAZAY ISTVÁN

Renner János előadásában olyan témával foglalkozott, amely egyaránt kelt érdeklődést mind a geofizikusok, mind pedig a geodéták körében. Mint a nagyon értékes előadásból megállapíthatjuk, a függővonalelhajlások rendszerének geofizikai vizsgálatához szükség van geodéziai adatokra, illetve geodéziai mérési eredményekre és mint Homoródi Lajos szakszerű hozzászólásából hallhattuk, a geodéziai úton történt vizsgálatokat kiegészítik és teljessé teszik, a geofizikai eredmények; vagyis a geofizikai kutatás egyes arányosan elosztott alappontoknál az asztrogeodéziai eredményekre támaszkodik, viszont az asztrogeodéziai módszereknek egy sűrű ponthálózat minden pontján való alkalmazása nem lévén gazdaságos és gyakorlatilag keresztülvihető, eredményeit a geofizikai mérésekből számított eredményekkel egészítik ki. A két kutatási ág találkozása a magasabbrendű tudományos feladatok megoldásánál, határozottan dokumentálja, hogy a geofizika és a geodézia között határfalat húzni nem lehet és bár mindkettőnek vannak a gyakorlati életben egymástól messzemenően eltérő feladatai is, a magasabbrendű tudományos vonalon egymás kiegészítői.

Örömmel hallottam az előadásból, hogy a függővonalelhajlások további geofizikai vizsgálatánál tervbevették összefogó kiegyenlítés végrehajtását is. Miután most már a függővonalelhajlások meghatározásának geofizikai útja lényegében kikísérletezettnek tekinthető, kívánatosnak látnám, — miként azt az előadó is említette — hogy a további vizsgálatok a pontossági viszonyokra is behatóan kiterjedjenek. Ennek egyik módja az összefogó kiegyenlítés lenne, másik módjának pedig azt ajánlanám, hogy az Országos Földméréstani Intézet egyes olyan pontokon is végezzen asztrogeodéziai méréseket, amelyeken a függővonalelhajlások két másik asztrogeodéziai pontra támaszkodva, csupán geofizikai úton vezettetnek le. Más szóval, néhány helyen a geofizikai úton

levezetett függővonalelhajlási értékeket hasonlítsuk össze olyan asztrogeodéziai eredményekkel, amelyeket a geofizikai eljárás nem használt fel számítási alapul.

Kívánatosnak tartom a két intézmény, az Eötvös Lóránd Geofizikai Intézet és az Országos Földméréstani Intézet szoros együttműködését a probléma minél teljesebb megoldásában és nem kételkedem abban, hogy ez az együttműködés, a geofizikai és asztrogeodéziai módszerek egybefűzése nagy jelentőségű tudományos eredményekkel fogja ismereteinket gazdagítani.

HOMORÓDY LAJOS

Az előadáshoz a geodézia szempontjából szeretnék hozzászólni és a vizsgálatok geodéziai jelentőségét kívánnám kidomborítani.

Az elméleti geodézia egyik feladata a Föld alakjának, a geoidnak a meghatározása. Az ehhez szükséges alapok tisztázása és a mérési adatok nagy tömegének előállítása után ma már elérkeztünk addig, hogy megkezdhető a geoidfelület egyes részleteinek térképi, szintvonalas ábrázolása egy felvett alapfelülethez viszonyítva. Ennek a fejlődési foknak elérését mutatja a Nemzetközi Geodéziai és Geofizikai Unió oslói kongresszusának egyik határozata, mely e cél megvalósítása érdekében bizonyos szempontok érvényesítését ajánlja a munkálatba bekapcsolódó államoknak. Úgy éreztük, nem maradhatunk ki ezekből a vizsgálatokból s tervbe vettük az Országos Földméréstani Intézet több évre terjedő tudományos munkaterve keretében, hogy országunk területén az asztrogeodéziai pontok hálózatát állítjuk elő a geoid magyarországi darabjának meghatározása érdekében. A hálózat mintegy 80 pontot tartalmazna, azaz kb. minden 35 × 35 km-es négyzetbe esnék egy pont. Ez a pontsűrűség ugyan megfelel még a Nemzetközi Geodéziai Unió javaslataiban levő értéknek, de kielégítőnek nem mondható. Hegyes tereprészeken a pontok számát növelni kellene, mert e pontsűrűségnél, — tekintettel arra, hogy a pontokat elsőrendű háromszögelési hálózat pontjaival esnek össze, de természetesen nem minden háromszögelési pont lesz asztronómiai pont is, — pl. csak a Mecsek gerincére jut 2 pont, dél felé a Nagyharsány sziklatömbjére 1 és így a közbeeső lapos, enyhén hullámos vidék görbületi viszonyainak hatása a geoid-képből teljesen kiesik. A pontok sűrítésére használhatnók azt az interpolációs eljárást, melyet Niethammer vezetett be a Szentgotthárdi-hágó meridiánjában fekvő geoid-metszet tanulmányozásakor s melynek lényege az, hogy mindazokra a pontokra, melyek függővonalelhajlásának értékére szükség volt, kiszámították a látható és feltételezhető tömegeloszlás alapján a függővonalelhajlás értékét, a csillagászati állomásokon kimutatták a mért és számított értékek különbségét s ezzel a pusztán csak számított értékeket a tényleges értékek közé beillesztették. Kétségtelen, hogy így feltevésekhez kell folyamodnunk. Véleményem szerint a valósághoz sokkal közelebb álló értékekhez jutunk, ha az előadásban ismertetett módszert használjuk. Ha hegyes vidéken a módszer alkalmazása körülményessé válik, úgy az asztrogeodéziai hálózat kifejlesztéséhez szükséges munkamennyiséget megtartanók, de a pontokat a terepen nem egyenletesen osztanók el. A hegyes vidéken több csillagászati állomást mérnénk, a sík vagy enyhén hullámos vidéken csak keretet létesítenénk. A keret kitöltésére használnók Eötvös módszerét. Talán nem tévedek, hogy ez többletfeladatot a gravitációs mérések számára sem jelentene, hiszen országunkban az Eötvös-inga-mérések bőséges adata áll rendelkezésre. Ilyen módon aránylag csekély munkával igen szabatos geoidtérképet bocsájthatunk a tudomány rendelkezésére.

Még egy szempontra kell itt rámutatnom, ami e módszer geodéziai jelentőségét épp a mi különleges esetünkben növeli. Az Alföld keleti részén különösen az elsőrendű háromszögelési pontok tornyok. Ezek csillagászati mérésre általában nem alkalmasak, sőt közvetlen környezetük sem, mivel a községek belsőségének közepe nem biztosítja azokat a körülményeket, melyek a heteken át tartó szabatos méréshez szükségesek. Így ezen a részen a tervezett asztrogeodéziai hálózat részletes megállapítása igen nehéz lett volna. Ha csak keretet létesítünk, úgy ennek pontjaiként kiszemelhetjük az alkalmas tereppontokat, a gravitációs, vagy mondjuk, görbületi poligont már könnyebben tudjuk a geodéziai úton is meghatározott pontokon átvezetni.

Ha azonban az előadott módszert így akarjuk hasznosítani, akkor célszerűnek gondolnám az előadó által jelzett további vizsgálatoknál arra is kitérni, hogy milyen megbízhatósággal kapjuk a függővonalelhajlás összetevőket, ha az asztronómiai pontok az eddig használt 25—30 km-es távolságnak kb. kétszeresére-két és félszeresére kerülnek egymástól. A geoid-metszetek készítéséhez természetesen a függővonalelhajlásnak az első vertikálisba eső összetevőjére is szükség van. A vizsgálatok tehát erre is kiterjesztendők lennének, amihez önként értetődően az szükséges, hogy a csillagászati pontokon necsak a sarkmagasság, de legalább még az azimut is megméressék. Itt mindjárt sajnálattal kell megjegyeznem, hogy az OFI felsőgeodéziai osztályának csillagászati csoportja az új elsőrendű hálózat helyszíni munkálatainak lezárásáig, azaz még 1952-ben az ehhez szükséges asztronómiai állomások létesítésével lesz elfoglalva és csak 1953-tól fordíthatja minden figyelmét az említett munkálatokra. Ezért szükséges lenne közös munkaterv kidolgozása, az asztrogeodéziai kerethálózat lerögzítése, hogy a Geofizikai Intézet nagyjelentőségű munkálatai a kényszerítő körülmény következtében fenn ne akadjanak, hanem ott folyhassanak, ahol csillagászati adatok máris vannak, vagy ott, ahol szükséges, az Eötvös-mérések kiegészítését időközben el lehessen végezni.

Erre az együttműködésre azért is szükség van, mert az OFI legújabban végzett hasonló természetű munkálatai más ellipszoidra vonatkoznak s kár lenne a rokontermészetű eredmények összehasonlításának sőt egybeolvasztásának lehetőségét elvenni, vagy megnehezíteni.

Az eddigiekben az előadásban tárgyalt vizsgálatoknak az elméleti geodézia szemszögéből nézett jelentőségét szerettem volna kiemelni. Most még néhány szóban arra szeretnék rámutatni, hogy nem kisebb szolgálatokat tehet ez az eljárás a gyakorlati geodéziának is. Ismeretes, már előbb is említettem, hogy most folynak új elsőrendű hálózatunk munkálatai. Itt egyik leglényegesebb kérdés a hálózat elhelyezése és tájékozása az ellipszoidon. Régebbi asztrogeodéziai adatok felhasználásával egy előzetes elhelyezést és tájékozást már végeztünk, hogy a hálózat kiegyenlítéséhez szükséges adatok számíthatók legyenek. Ennek pontossága azonban még nem kielégítő, elsősorban a régi csillagászati pontok egyenlőtlen elosztása miatt országunk területén. A fentebb említett 80 pontból álló hálózat a dolog természeténél fogva még nem lesz készen, amikor hátomszögelési hálózatunk végleges elhelyezéséről dönteni kell. A végleges elhelyezés megbízhatóságának biztosítása tehát súlyos gond. Ha azonban azokon a területeken, ahol az asztronómiai hálózat ritka és ez ebből a szempontból szerencsésen épp az Alföldi részekre esik, lehetőség nyílna Eötvös módszerével megnövelni azokat a pontokat, melyekben a függővonalelhajlás összetevői ismertek, úgy az új hálózat csillagászati kiinduló pontjának ellipszoidikus koordinátái igen szabatosan lennének meghatározhatók.

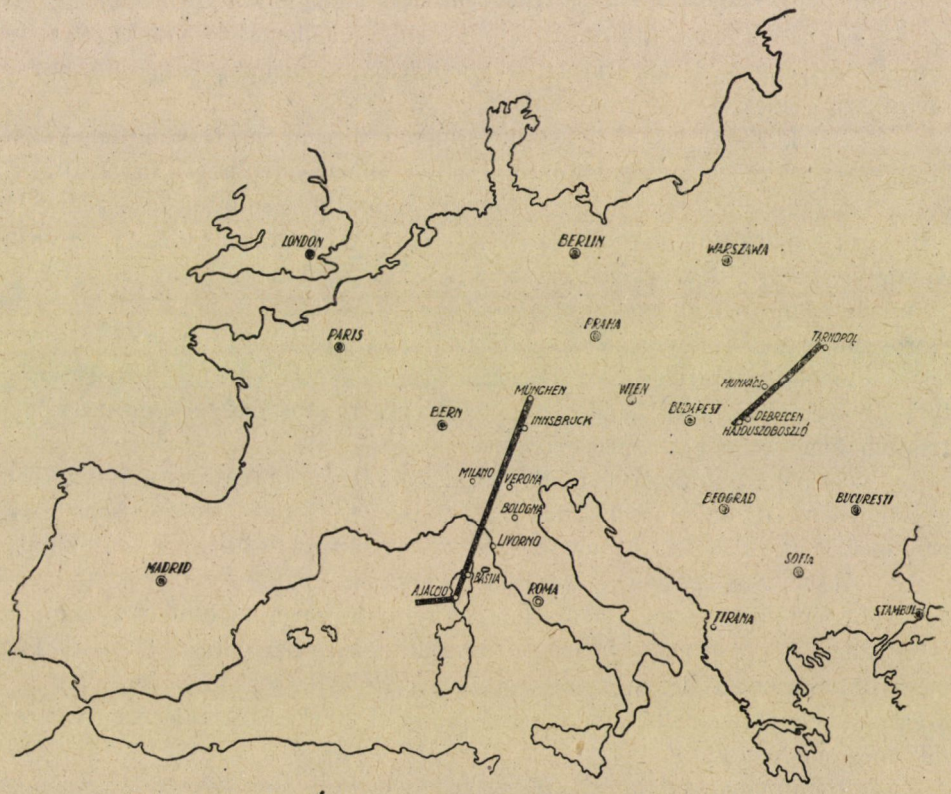
Mindezekből az elméleti és gyakorlati szempontokból legnagyobb örömmel hallottuk az előadó bejelentését, mely szerint az előadás tárgyát képező vizsgálat tovább folyik, mert az a Geofizikai Intézet kutatási tervének szerves része, melyet mind a Magyar Tudományos Akadémia, mind az Országos Tervhivatal folyamatos kutatási témaként elfogadott. Így minden reményünk megvan arra, hogy amikor a geoid meghatározása terén elért eredmények közzétételére kerül sor, országunk olyan adatokat szolgáltathat, melyek méltók lesznek e kutatási módszer elinditójának, Eötvös Lórándnak nevéhez.

IZOSZTÁZIA

SCHEFFER VIKTOR

Ezen értekezésemben a földkéreg izosztatikus egyensúlyi helyzetét két középeurópai szelvény mentén tárgyalom.

Amint a szelvények helyszínrajzából látható, ezek egyike a Földközitenger nyugati részéből indul ki és a Korzikai Aiaccion és Livornón keresztül az Északi-Appenninekeken, a Po-síkságon és az Alpokon át Münchenig húzódik,



AZ AIACCIO-MÜNCHEN ÉS HAJDUSZOBOSZLÓ-TARNOPOL SZELVÉNYEK HELYSZÍNRAJZA

1. ábra

a vizsgálat tárgyává tett másik szelvény pedig a Nagy-Magyar-Alföldön, a hajdúszoboszlói ingaállomással veszi kezdetét és Munkácson, az Északkeleti Kárpátokon átvezetve a Podolia-i hátságon, Tarnopolban fejeződik be.

Annak az oka, hogy ezt a két jellegzetes szelvényt választottam tanulmányom tárgyának, az, hogy ezek egyrészt Középeurópának az izosztázia jelensége szempontjából legérdekesebb területeit szelik át, másrészt pedig az, hogy geofizikusi gyakorlatom során a szelvények által harántolt területek centrális zónáit, úgymint Észak-Olaszországot, Közép-Olaszország egy részét és az Északkeleti Kárpátok vidékét graviméterekkel részletesen felmértem.

A földkéreg izosztatikus egyensúlyi helyzetének az Alpok, a Po-síkság és az Északi Appenninek zónájában való szemléltetésére »A gravitációs anomáliák változása az Aiaccio—Livorno—Solferino—München szelvény mentén« c. táblát szerkesztettem meg, amely a gravitációs anomáliák és a szelvény által harántolt nagy geomorfológiai egységek közötti összefüggéseket tünteti fel.

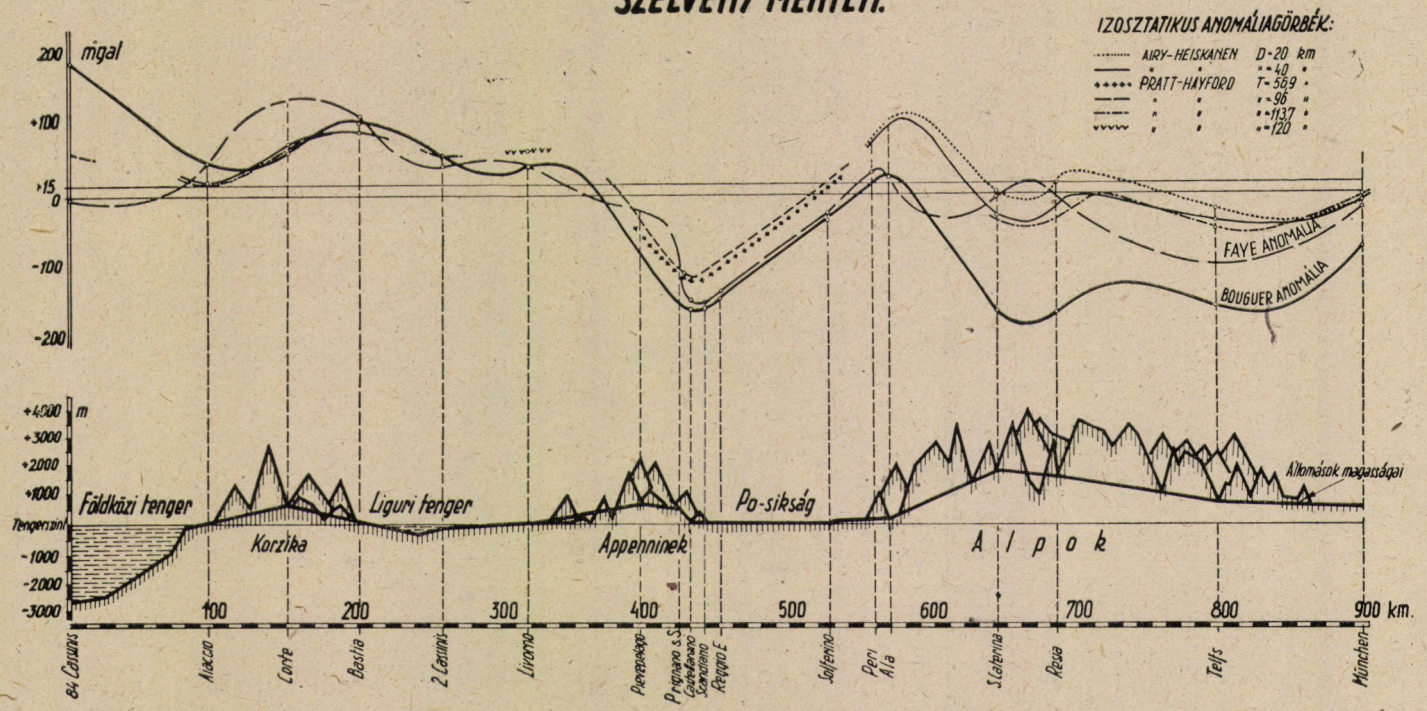
A szelvény alsó részében a harántolt topográfiának a hosszléptékhez viszonyítva hűszszorosan felnagyított sematikus képe látható, amelybe a gravitációs anomáliák értékeit szolgáltató észlelt ingaállomások magasságait feltüntető szelvény is berajzoltatott. A gravitációs anomáliák meghatározására a következő ingaészlelések szolgáltak:

A Földközi- és Liguri-tengerek területén Cassinis professzor tengeralattjárón mért 84 és 2. sz. ingaállomásai, a Korzika-szigetén mért három francia ingaállomás és a Livornói ingaállomásra vonatkozó adatok Heiskanen [1] professzor izosztatikus katalógusából vétettek. Az Appenninek és a Po-síkság zónájában fekvő Pievepelago, Prignano s. S., Castellarano, Scandiano, Reggio Emilia és Solferinoi állomások adatait Dore [2] és Ballarin [3 a, b, c] professzorok ingaészlelési anyaga szolgáltatta. Az Alpok és a Liguri-tenger között fekvő zónában végzett graviméteres felvételeim során ezen ingaállomás-csoportot is bemértük és megállapítottuk, hogy azok pontossága teljesen megfelel a modern ingamérések követelményeinek.

Az Alpok zónájában levő Peri, Ala, S. Caterina di Valfurva, Resia, Telfs és München-i ingaállomások adatait Holopainen [4] finn geofizikusnak 1947-ben megjelent, a Keleti Alpok izosztatikus struktúráját tárgyaló munkájából vettem át. A szelvény vonalvezetésénél az Alpok zónájában az volt az irányadó szempont, hogy annak értékeiben ne a lokális zavarok, hanem a regionális értékváltozások jussanak kifejezésre. Ezen állomáscsoportban Perí, Ala és Telfs még régi, Sterneck-féle, átlag 60 év előtti észlelések, melyeket Holopainen is azért volt kénytelen felhasználni, mivel ezek környékében modern ingaállomások még nincsenek.

A tanulmány tárgyává tett szelvényben Peri és Ala értékei igen nagy szerepet játszanak, ezzel szemben az Innsbrucktól nyugatra fekvő Telfs-i érték, melyet a Münchentől délre fekvő ingaállomásokat regionálisan jellemző negatív anomáliaértékek jól megerősítenek, nem játszik jelentősebb szerepet.

A GRAVITÁCIÓS ANOMÁLIÁK VÁLTOZÁSAI AZ AIACCIO-LIVORNO SOLFERINO-MÜNCHEN SZELVÉNY MENTÉN.



2. ábra

A Peri és Ala-i ingaállomások anomália-értékeinek szelvényünkbe való beiktatása azért indokolt, mert ezek magas értékeit megerősítik a környezetükben végzett modern graviméter és ingamérések [5] eredményei, így a szelvényben szereplő Solferinoi ingaállomás értéke is.

A Bouguer-anomáliáknak a földkéregnek a szelvény mentén elhelyezkedő nagy orografiai egységeihez való viszonyát vizsgálva megállapíthatjuk, hogy az Alpok fölött a Bouguer-anomáliák egy nagy depressziója jelentkezik, melynek legmélyebb helyeit (—165 és —166 milligalt) az Alpok centrális részében fekvő S. Caterina di Valfurva-i és a Resia-i ingaállomások jelzik.

Az Appenninek felett szintén jelentkezik a Bouguer-anomáliák nagy negatív értékeinek egy zónája, azonban ez a depresszió nem az Appenninek morfológiai egységéhez kapcsolt. Legmélyebb értékeit, —160 és —158 milligalt az Appenninek északkeleti lankás, a Po-síksággal határos nyúlványain fekvő Castellarano és Scandiano-i ingaállomások értékei szolgáltatják.

A depresszió majdnem szimmetrikus alakú és északi fele a Po-síkság alatt, déli része pedig az Appenninek alatt terül el.

A Liguri-tenger partjától a szelvény délnyugati végéig a Bouguer-anomáliák végig pozitív értékűek.

A Faye-anomáliák, amelyek a Bouguer-féle rendellenességeknél jobban tükrözik vissza a földkéreg izosztatikus egyensúlyi viszonyait, szelvényét vizsgálva láthatjuk, hogy ezek az Alpok felett már a Bouguer-anomáliáknál lényegesen kisebb negatívitást tüntetnek fel, ezzel szemben a Po-síkság—Appenninek zónájában a nagy negatív értékek a Faye-anomáliákban is megmaradnak.

Az izosztatikus anomáliák menetét vizsgálva először is meg kell állapítanunk, hogy mennyire jogosult Heiskanen [6] professzornak az a javaslata, hogy a földkéreg nagyvonalú izosztatikus vizsgálatainál egy egységes, standard $T = 30$ km-es redukciót alkalmazzunk. Amint látható, a szelvénynek az Alpok és a Földközi-tenger között fekvő részében az izosztatikus redukciókat hat különböző feltevés alapján számították. Az anomália-szelvényeknek csak azon darabjait kötöttük össze folytonos módon, amelyek egyazon feltevés alapján korrigáltattak.

A szelvényt vizsgálva megállapítható az is, hogy a különböző feltevések által nyert anomáliagörbék nem különböznek lényegesen egymástól. Ez a tény egyezik Lejay [7] általánosságban tett megállapításával is.

Az izosztatikus anomáliák jellegzetességeit tárgyalva és a rendellenességeknek a + 15 milligalos európai normálértéktől való eltéréseit vizsgálva, a következő megállapításokat tehetjük. Az anomália-képnek az Alpok zónájába eső részében megállapítható, hogy a Bouguer-anomáliák nagy depressziója az izosztatikus redukciók elvégzése után eltűnik, jeléül annak, hogy az Alpok nagyjából már elérték az izosztatikus egyensúlyi helyzetet. Az izosztatikus anomáliákat tárgyalván, Holopainen megállapítja, hogy azokban általában még egy bizonyosfokú negatívitás tapasztalható, ezzel szemben a Déli Alpoknak

a Garda-tó környéki zónája egy erős pozitív izosztatikus anomáliákkal jellemzett, a Bouguer-anomáliákban is jelentkező területtel bír, melynek maximális anomália-értékét + 97 mgalt az Ala-i ingaállomás képviseli.

Ez a terület tünteti fel a legnagyobb izosztatikus anomáliákat az Alpok keleti részének Holopainen által vizsgált zónájában. Már az anomáliák nagyságrendje is arra enged következtetni, hogy a Déli Alpoknak ez a Po-síksággal határos zónája nincs izosztatikus egyensúlyban.

Holopainen, Mariette Lehner [8] munkáira való hivatkozással utal arra, hogy az izosztatikus anomália-értékek ezen erős pozitívitása nyugat felé folytatódik. A rendelkezésünkre álló ingaészlelési adatok és a graviméterekkel végzett felvételek eredményei megerősítik ezt a feltevést. Utalunk arra, hogy a Tanni [9] által felhasznált Brissago-i állomás izosztatikus anomália-értéke is + 86 m-gal és megállapítjuk, hogy a Garda-tó környéki nagy pozitív izosztatikus anomáliák zónája nyugat felé, a Comoi-tó és a Lago Maggiore irányába tart, ahol egyesül az Ivrea-környéki nagy gravitációs maximum indikációjával.

Ami ezen pozitív anomália-vonulatnak a Garda-tótól keletre való folytatását illeti, megállapítható, hogy a felhasznált anomália-értékek elégtelen száma folytán Holopainen térképének alsó felében az anomália-görbék vonalvezetése nem helyes. A Garda-tótól keletre fekvő területen a felhasználható modern észlelési anyag [10] tekintetbevételével szerkeszthető gravitációs izoanomálvonalak menete merőleges a Holopainen által szerkesztett anomália-görbékre.

A szelvényünkön a Solferino—Peri—Ala-i ingaállomások által jelzett pozitív anomáliák vonulata kelet felé dinári csapásban halad az Adriai-tenger Po-torkolati zónája felé. Az Alpok vidékéről kilépve ezen pozitív anomália-vonulat tengelyét a felszínen a Monti Berici és a Colli Euganei dombvidékei jelzik, melyek után a síkság alatt az Rovigo irányában húzódik.

Ezen érdekes alakulat a Garda-tó és a Po-torkolat közé eső zónájának néhány ingaállomását P. Dore [11] (Pratt—Hayford, $T = 96$) és C. Morelli [12] izosztatikusan redukálták és e zónában is igen magas pozitív izosztatikus anomáliákat állapítottak meg. (S. Bonifacio + 74, Monselice + 77, Adria +28 mgal).

»A Genova—Venezia elsőrendű szintezési alapvonal helyszínrajza« c. térképünkön C. Morelli után megrajzoltuk az izosztatikus anomáliák menetével nagyjából egyező Bouguer-anomáliák 0-ás izoanomál görbéjét, amely a Solferino—Peri—Ala-i pozitív anomália-vonulat tetőzónájának délkelet irányban való kiterjedéséről ad közelítő képet. A síkságon jelentkező nagy pozitív anomália-értékeket a harmadkori vulkáni tömegekkel átszőtt Scaglia mészkő-alaphegységnek egy az Alpok zónájából kiinduló, dinári csapásban vonuló hatalmas gerince okozza.

Miután tisztáztuk a Solferino—Peri—Ala-i nagy izosztatikus maximum vonulatnak nyugati és keleti irányban való kiterjedését, a szelvénynek a Po-

síkság és az Appenninek vidékének megfelelő szakasza izosztatikus anomáliáinak vizsgálatára térünk át.

Megállapíthatjuk, hogy a szelvény ezen részében az izosztatikus rendellenességek a Bouguer-anomáliák nagyságrendjével egyező és azok menetével párhuzamosan futó, —100 mgalt meghaladó gravitációs depressziót tüntetnek fel.

A földkéreg egy részének izosztatikus egyensúlya esetében az izosztatikus anomáliák az ú. n. felszíni rétegek különböző sűrűsége folytán létrejövő gravitációs hatásokat tükrözik vissza. Ez az ú. n. felszíni hatás. A gravitációs gyakorlat azt mutatja, hogy ennek maximális értéke kb. 50 mgal lehet.

Az izosztatikus anomáliáknak ez a nagy negatív értéke azt bizonyítja, hogy a földkéreg ezen részében sem állott be az izosztatikus egyensúlyi állapot.

Az anomália-értékek nagyságrendjének vizsgálatán kívül igen értékes tapasztalatok leszűrésére alkalmas a nehézségi erő grádienseinek a vizsgálata, vagy más néven a Schwinner-féle kritérium alkalmazása is. A grádiensek az Appenninek—Po-síkság depresszió egyes helyein 3—4 mgal/km-es rendkívül magas értékeket érnek el, [13] nagyobbak a Déli Alpokban tapasztalt, szintén rendellenes nagyságú grádiens értékeknél, melyeket Holopainen 2 mgal/km-nek ad meg.

A magas grádiensértékek azt bizonyítják, hogy a gravitációs rendellenességeket okozó ú. n. zavaró tömegek viszonylagosan kis mélységben vannak, sokkal kisebb mélységben, mint amelyek az egyes kompenzációs hipotézisekben szerepelnek. Schwinner [14] kritériuma alapján feltehetjük, hogy a nagy grádienseket okozó zavaró tömegek mélysége kisebb 10 km-nél.

Tapasztalataink alapján ezen nagy depresszió geológiai okának az üledékes kőzetek azon harmadkorú medencéje tekinthető, melynek legmélyebb része az Appenninek északi lábánál terül el és amelynek déli fele az Appenninek ú. n. Liguri takaró-rétegei alatt fekszik a hegység által elfedve.

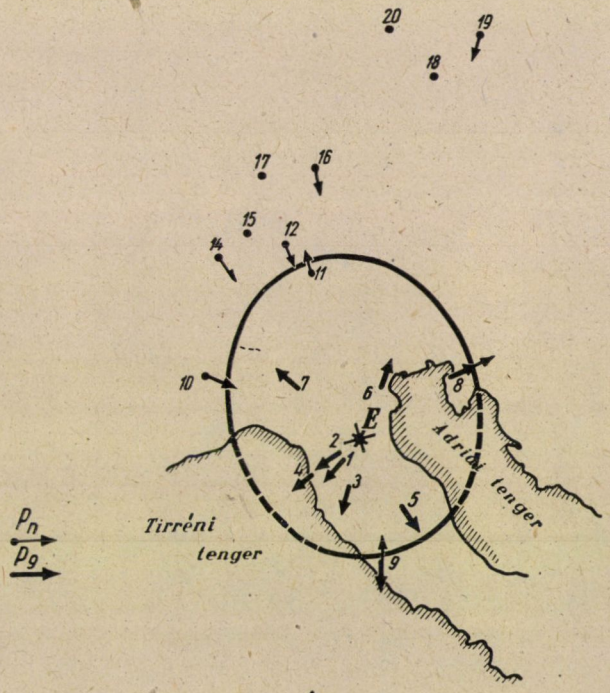
A Liguri-tenger partjától a Földközi-tenger zónájáig, vagyis a vizsgált szelvénynek délnyugati végződéséig az izosztatikus anomáliák végig többékevésbbé homogén, pozitív értékűek.

Vizsgálatot végeztem arra vonatkozólag, hogy a földkéreg felépítésének a mikroszeizmika módszereivel megállapított adatai, elsősorban a gránitkéreg vastagságának változásai hogyan tükröződnek a földnehézségi-erő rendellenességeiben.

P. Caloi [15] professzor, az Északi Appenninek szeizmikus jellegzetességeit tanulmányozván, megállapítja, hogy a földkéreg első diszkontinuitási felületétől a felszínig terjedő ú. n. gránitkéreg vastagsága az Alpok és az Appenninek között megváltozik. A gránitkéreg Európában észlelt legnagyobb vastagsága Dél-Németországban, az Alpok alatt nagyobb 30 km-nél, [16] és Heiskanen [17] legújabb összeállítása szerint 35—40 km-re tehető. Ezzel szemben

Caloi vizsgálatai szerint a gránitkéreg vastagsága az Északi Appenninek alatt már csak 25—30 km.

Ezenfelül Caloi a P_g és P_n hullámok mozgásai felszíni eloszlásának vizsgálata alapján megállapítja, hogy a tanulmányozott zónában a gránitkéreg alsó határfelülete a Föld-felszínhez viszonyítva ferde felületként jelentkezik a mikroszeizmikus eredményekben. A ferde felület északi része a mélyebb, déli része a magasabb. Ez az érdekes megállapítás a kezdeti mozgás kompressziós és dilatációs jellege határvonalának a megfigyelése alapján tehető. A földkéreg homogén és a felszínnel párhuzamos rétegezettsége esetén ez a határvonal egy az epicentrumból rajzolható kör.



A P_g és P_n HULLÁMOK MOZGÁSAINAK FELSZÍNI ELOSZLÁSA

az 1939 február 11-i északolaszországi földrengés észlelt adatainak kiértékelése alapján

3. ábra

Amint azonban »A P_g és P_n hullámok mozgásainak felszíni eloszlása az 1939. február 11-i Északolaszországi földrengés észlelt adatainak kiértékelése alapján P. Caloi szerint« c. térképünkön látható, a fenti területen a kompreszszziós és dilatációs hullámoknak a szeizmikus obszervatóriumok által észlelt határvonala egy oly ellipszis, melynek egyik fókusza a földrengési epicentrum helyének felel meg. A gránitkéreg alsó határán a kompressziós és dilatációs

hullámok egy kör mentén határolódnak el, ez a kör azonban a határfelület ferdesége folytán ellipszis alakjában vetítődik a felszínre.

A mikroszeizmika eredményei alapján tehát megállapítható, hogy a München—Aiaccio szelvény északi végétől a Liguri-tenger zónájáig a gránitkéreg fokozatosan kb. 8—10 km-es elvékonyodást szenved.

Vizsgáljuk meg, hogy a gránitkéreg ezen elvékonyodása miképen jelentkezik a gravitációs anomáliák szelvényeiben.

A földkéreg azon helyein, melyeken a legfelső, ú. n. gránitkéreg elvékonyodik, az azalatt levő kéregrész nagyobb sűrűségű tömegei a felszínhez közelebbi helyzetbe kerülnek. A gránitkéreg és az alatta levő kéregrész sűrűségkülönbsége különböző geofizikai vizsgálatok eredményei alapján 0,3-ra tehető.

Ennek alapján világos, hogy a gránitkéregnek a mikroszeizmika által megállapított elvékonyodása a gravitációs anomália-értékek regionális emelkedésében kell hogy kifejezésre jusson.

Valóban, ha megvizsgáljuk a gravitációs anomáliák e szelvénymenti változásait, megállapíthatjuk, hogy ez a régionális értéknövekedés északról délfelé haladva, valamennyi gravitációs anomáliagörbében kifejezésre jut. Vizsgáljuk meg ezt a kérdést kvantitatíve is. E vizsgálat alapjául az ugyanazon hipotézisek szerint számított izosztatikus anomália-értékeket vehetjük. Ezek az Airy—Heiskanen, $D = 40$ km és Pratt—Hayford, $T = 113{,}7$ km-el számított anomália-értékek, melyek úgy az Alpok területén, mint a Korzikai zónában rendelkezésünkre állanak és amelyek nagyjából egyeznek egymással. Hasonlítsuk össze az Északi Alpok és a Liguri-tenger zónáinak jellegzetes anomália-értékeit.

Az Alpok északi részének jellemzésére az Airy—Heiskanen, $D = 40$ km-es anomáliagörbe Telfs és München között fekvő szakaszának $-44 \cdot 10^{-3}$ körüli mélyértékeit vehetjük. A szelvény baloldalán ugyanezen hipotézis szerint redukáltatott a három korzikai állomás anomália-értéke, mely középértékben $+$ 58 mgalt tesz ki. Ugyanez az érték tekinthető nagyjából a szelvény Liguri-tenger zónájában fekvő állomások középértékének. Megállapítható tehát, hogy szelvényünk mentén az Alpok északi zónájától a Liguri-tenger területe felé haladva az izosztatikus anomáliákban egy kb. 100 mgal-os értéknövekedés tapasztalható. Ez az értéknövekedés pedig, 0,3 sűrűségkülönbséggel számítva, a gránitkéreg alatt fekvő sűrűbb kéregrész egy kb. 8 km-es magasságnövekedésének felel meg.

Miközben rámutatunk a geofizika különböző ágai által a földkéreg felépítésének megismerésével kapcsolatban elért eredményeinek e szép gyakorlati egyezésére, a következőket kívánjuk megjegyezni. Abból a tényből, hogy az Alpok és a Liguri-tenger zónái között az előbb ismertetett regionális izosztatikus hatás érvényesül, következik, hogy mind a Solferino—Peri—Ala-i izosztatikus maximum, mind az Appenninek—Po-síkság-depresszió, mint lokális izosztatikus anomália-alakulatok viszonylagos nagyságainak megítélésénél nem

az európai közép + 15 mgal értékéből, hanem a regionális értékváltozásokat jelző alapvonalból kell kiindulnunk. Ez a Solferino—Peri—Ala-i maximum viszonylagos értékét lényegesen nem változtatja meg, ezzel szemben az Appenninek—Po-síkság depresszió nagyságának viszonylagos értékét lényegesen megnöveli.

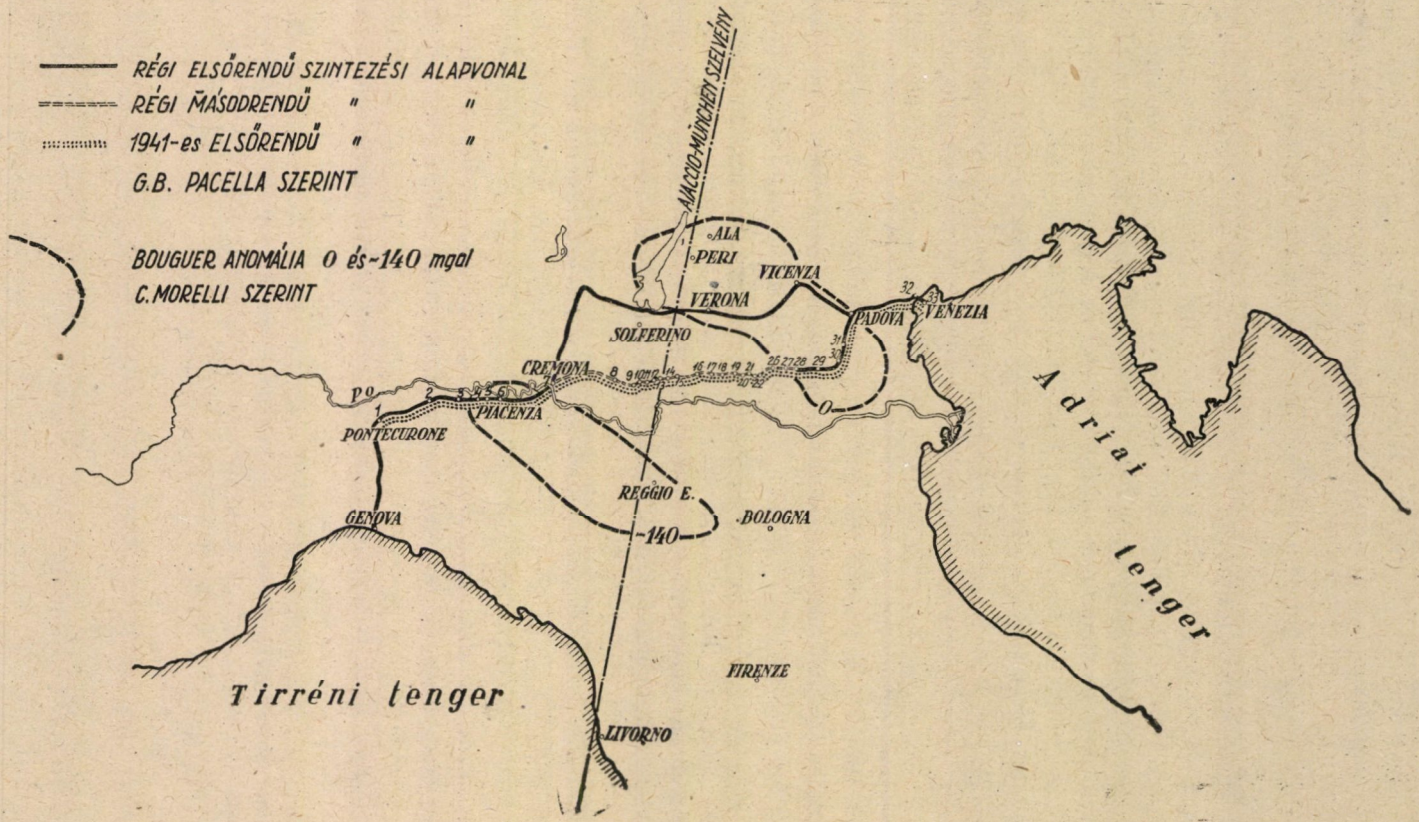
Ezekután áttérünk az Észak-Olaszország-i izosztatikus jellegű kéregmozgások vizsgálatára. Tanulmányunk eddigi részében megállapítottuk, hogy a vizsgált szelvény mentén két olyan terület van, amelyeken a földkéreg még nincs izosztatikus egyensúlyban. Ezek egyikének, a Solferino—Peri—Ala-i izosztatikus maximumnak süllyednie kell, az Appenninek—Po-síkság-depressziónak pedig emelkednie kell azon célból, hogy az izosztatikus egyensúlyi helyzetet elérjék. Vizsgáljuk meg, hogy a rendelkezésünkre álló különböző megfigyelési adatok ezen kérdést mily értékben tudják megvilágítani. Először a Solferino—Peri—Ala-i gravitációs maximum izosztatikus jellegű kéregmozgásával foglalkozunk, melynek bizonyítékát az Észak-Olaszország-i preciziós szintezések megismétlése szolgáltatta.

Prof. G. B. Pacella, [18] a firenzei Istituto Geografico Militare geográfus mérnöke egy 1947-ben megjelent tanulmányában ismerteti a Genova—Venezia-i régi elsőrendű szintezési alapvonal 40 év utáni, 1941-ben történt újraszintezésénél megállapított alappont-magasságváltozásokat. Az újra bemért, részben elsőrendű, részben másodrendű régi szintezési alappontok magasságváltozásait Pontecurone és Venezia között közli. Ez a vonal »A Genova—Venezia elsőrendű szintezési alapvonal helyszínrajza« c. térképvázlatunkon pontozottan van jelölve. Amint a térképről látható, ez a szintezési alapvonal kb. 300 km hosszúságban harántolja Észak-Olaszország jellegzetes gravitációs anomáliáit. Keleti szakaszán metszi a Solferino—Peri—Ala-i izosztatikus maximum vonulatot és ezért kiválóan alkalmas arra, hogy ennek izosztatikus jellegű mozgását kimutassa.

Pacella tanulmányában statisztikai módszerekkel vizsgálja az észlelt magasságváltozások szóródásában esetlegesen mutatkozó törvényszerűségeket és megállapítja, hogy az értékkülönbségekre, azoknak egyes szakaszok menti egyirányú nagy értékei miatt a Gauss-törvény nem alkalmazható. Vizsgálatai alapján arra a végső következtetésre jut, hogy a két szintezés által megállapított alappont-magasságkülönbségeket vagy vertikális kéregmozgás, vagy mérési hibák okozhatták. Ugyanazon joggal tételezhetjük fel az előbbit, mint az utóbbit. Hogy ezek közül melyik felel meg a valóságnak, azt csak egy, a vizsgálatokba bevonandó, kívülálló kritérium tudná eldönteni.

Pacella professzor vizsgálatait tovább folytattam. Az Istituto Geografico Militare megismételt elsőrendű alapvonal szintezése során megállapított alappont-magasságváltozások szelvényét összehasonlítottam az ugyanezen szelvény mentén megállapított gravitációs anomália-görbével, azon elgondolás alapján, hogy az esetben, ha a megállapított alappont-szintváltozások izosztatikus kéregmozgásokat tüntetnek fel, a szintváltozás görbe regionalitásának meg

A GENOVA-VENEZIA ELSŐRENDŰ SZINTEZÉSI ALAPVONAL HELYSZINRAJZA



4. ábra

kell egyeznie a gravitációs anomália-szelvény tükörképe regionalitásával. Vizsgálataim eredményei »Az Észak-Olaszország-i regionális vertikális kéregmozgások izosztatikus jellege« c. ábrán láthatók. Az ábra alsó részén az Istituto Geografico Militare Genova—Venezia elsőrendű szintezési alapvonala Pontecurone—Venezia közötti szakaszának 40 év alatti alappont-magasságváltozásainak nyers értékeiből szerkesztett szelvényt tüntettük fel.

A szintezési hibák nagyságának megítélésére G. Silva [19] professzor egy értekezése nyomán közöljük, hogy a 40 év előtti Genova—Venezia-i alapvonal szintezésének számított hibája $\pm$ 2,87 cm volt. Ez értékben azonban az Appennineken át fektetett Genova—Pontecurone-i traktus is szerepel, míg a Pontecurone—Venezia-i szakasz általában sík terepen 104 m-ből kiindulva 3 m tengerszintfeletti magassággal végződik, ennélfogva az utóbbi szakasz hibája jóval kisebbnek vehető. Az 1941-es szintezés már modernebb műszerekkel és munkamódszerekkel hajtatott végre, ezért ennek hibája már jelentősen kisebb az előzőnél. A fentieket mérlegelve, a két mérés által megállapított magasságkülönbség eredő hibáját hozzávetőlegesen, a fenti síkszakaszra $\pm$ 20 mm-re becsülhetjük.

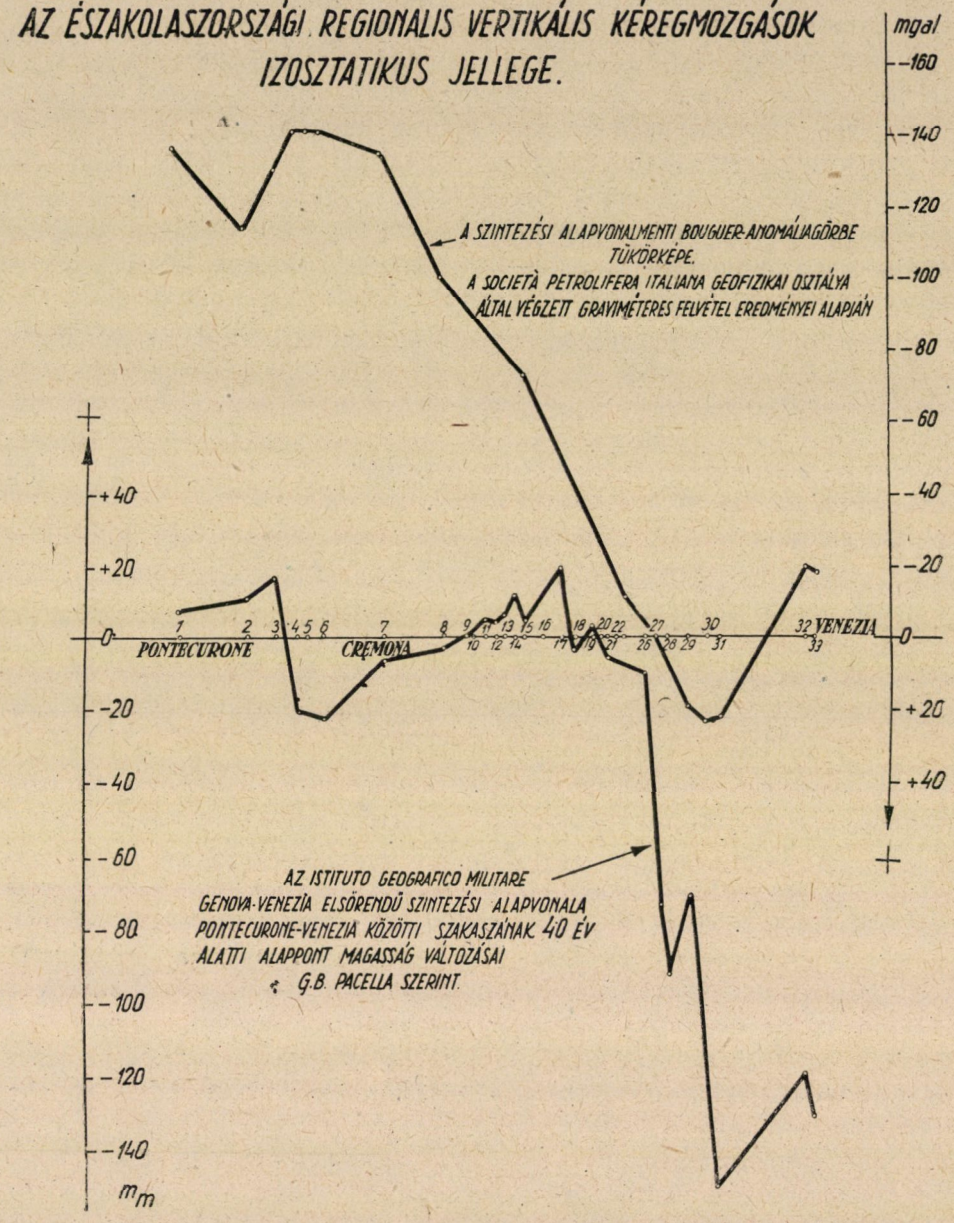
Az alappontok magasságváltozásai nyugatról kelet felé egy 165 mm-es regionális süllyedést indikálnak. Ez az érték, tekintettel a két szintezés eredőhibájának valószínű nagyságára, reálisnak mondható.

Az ábrában a magasságváltozások összehasonlítása céljából felvitt gravitációs anomália-szelvény a Societa Petrolifera Italiana megbízásából 1938-tól 1943-ig végzett graviméteres felvételeim eredményei alapján szerkesztetett. Az ezen szelvénymenti gravitációs eredmények tudományos célokra való felhasználását a fenti vállalat igazgatósága annakidején tudományos fórumok kérelmére engedélyezte.

A gravitációs anomália-szelvény nyugatról kelet felé az előbbi süllyedő szakasz helyének megfelelően egy kb. 157 mgalos regionális emelkedést tüntet fel. Ezen regionális érték hibája, tekintettel arra, hogy a mérést sík terepen, modern graviméterekkel végezték, pesszimisztikus becsléssel $\pm$ 2 mgalra tehető. Sík területről lévén szó és tekintettel az Ajaccio—München szelvény e zónájában tapasztalható izosztatikus és Bouguer-anomália-egyezésre, nem várható az, hogy az izosztatikus redukciók elvégzése az anomália-görbét lényegesen megváltoztatja, ezért az összehasonlítás céljaira a Bouguer-anomáliák görbéje is felhasználható.

A két görbe összehasonlítása alapján kétségen kívül megállapítható, hogy azok értékváltozásai ugyanazon regionalitással bírnak. Az összehasonlítás alapján bebizonyosodottnak vehető a Solferino—Peri—Ala izosztatikus maximum süllyedése és a jelen példa a földkéreg izosztatikus egyensúlyba jutási törekvésének egyik legszebb bizonyítéka.

A szintváltozások és a nehézségi erő-anomáliák görbéje tükörképének regionális változásai között tehát az izosztatikus egyensúlyba jutási törekvés


AZ ÉSZAKOLASZORSZÁGI REGIONALIS VERTIKÁLIS KÉREGMOZGÁSOK IZOSZTATIKUS JELLEGE.
mgal
-160
-140
-120
-100
-80
-60
-40
-20
0
+20
+40
A SZINTEZÉSI ALAPVONALMENTI BOUGUER-ANOMÁLIAGÖRBE TÜKÖRKÉPE.
A SOCIETÀ PETROLIFERA ITALIANA GEOFIZIKAI OSZTÁLYA ÁLTAL VÉGZETT GRAVIMÉTERES FELVÉTEL EREDMÉNYEI ALAPJÁN
+40
+20
0
-20
-40
-60
-80
-100
-120
-140
m
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 25 26 27 28 29 30 31 32 33
PONTECURONE
CREMONA
VENEZIA
AZ ISTITUTO GEOGRAFICO MILITARE GENOVA-VENEZIA ELSŐRENDŰ SZINTEZÉSI ALAPVONALA PONTECURONE-VENEZIA KÖZÖTTI SZAKASZÁNAK 40 ÉV ALATTI ALAPPONT MAGASSÁG VÁLTOZÁSAI
G.B. PACELLA SZERINT

5. ábra

következtében kapcsolat áll fenn. Azonban a két görbe egyes szakaszainak részletes összehasonlítása alapján megállapítható az is, hogy nemcsak a regionális szintváltozás bír izosztatikus jelleggel, hanem, hogy a földkéreg egyes lokális geológiai szerkezetei által képviselt tömegtöbbletek és tömeghiányok, melyek a gravitációs anomália-szelvényben maximumok és minimumok alakjaiban jelentkeznek, önálló lokális jellegű izosztatikus mozgásokat végeznek, melyeknek intenzitása a regionális mozgástól különböző és amelyek mértéke struktúránként is változik.

Ilyen lokális jellegű izosztatikus mozgások állapíthatók meg a két görbe egyes szakaszainak megegyező előjelű értékváltozásai alapján, pl. a következő helyeken :

Az 1—2—3 alappontszakasz 2 alappontja a környezetéhez viszonyítva relative süllyed. A 2 alappont helye egy lokális gravitációs maximum tetőpontját jelzi.

A 6—7—8 alappontszakasz 7 alappontja a környezetéhez képest viszonylagosan emelkedik. A 7 alappont helye egy lokális gravitációs minimum mélypontjában van.

A 8 alappont a környezetéhez képest süllyedést mutat. Ezen alappontnak egy lokális gravitációs maximum felel meg.

A 8-as és a 26-os alappontok közötti lokális emelkedés a gravitációs anomália-görbe egy depressziójába esik és

a 32-es alappont, mely egy gravitációs depresszióban van, viszonylagosan emelkedik.

A görbék összehasonlítása alapján azt is megállapíthatjuk, hogy a 3 és 4-es alappontok közötti szakaszon mutatkozó ugrásszerű magasságváltozás nincsen ily egyértelmű összefüggésben a gravitációs anomáliák szelvényével. Ezen jelenség magyarázata a következő lehet : Az északolaszországi graviméteres méréseink kimutatták, hogy az Alpok Judicaria vonala, ez a hatalmas tektonikai vonal a Po-síkság fiatal üledékes takarója alatt folytatódva, átszeli magát a Po-síkságot is és a 3 és 4-es alappontok között, azon a helyen, ahol a Po folyam addig egyenesvonalú folyása hirtelen nagy kanyarulatokba vág át, megy át az Appenninek zónájába. A 26-os alapponttól keletre, a süllyedések nagysága alapján ugyancsak feltételezhető egy törésvonal.

Feltehető, hogy a földkéreg ily méretű tektonikai vonalai, törésvonalai mentén, a magassági pontok szintváltozásait távolabbról jövő komplexebb erőhatások is befolyásolják.

Amint az előadottakból látható, a szintváltozásoknak az izosztázia szempontjából való vizsgálata annyira érdekes, hogy megérdemelné, hogy külön e célra készült precíz tanulmányok tárgyát képezze. Nagyobb összehasonlítási pontosság elérése céljából az időnként újra beszintezendő alappontokon közvetlenül kell a graviméteres észlelési állomásokat elhelyezni és az eredményeket lehetőleg izosztatikusan redukálni.

Megjegyezzük, hogy az e tanulmányban összehasonlítási alapul vett gravitációs anomália-szelvény észlelési pontjai nem esnek egybe a szintezési alappontok helyeivel és azok megfelelő anomália-értékei az izoanomál térképből való interpolálással határoztattak meg.

Ezen fejezet konkluziójaképen a szintezési adatok alapján megállapíthatjuk, hogy a Solferino—Peri—Ala izosztatikus maximumvonulat jelenleg süllyedő mozgást végez. A 40 év alatti süllyedés maximális értékét, 152,6 mm-t a gravitációs maximum tetőpontjába eső 31-es alappont mutatja. E ponton az 1 évre eső süllyedés 3,82 mm. Földünk számos helyén ismeretesek ilyen kéregmozgások. »A Dunántúl regionális geofizikája«[20] c., Kántás Károllyal írt értekezésünkben a Kárpát-medence izosztatikus kéregmozgásait is tárgyaljuk. Hazánk egyes helyein szintén megállapíthatók ily nagyságrendű évenkénti mozgások.

Az elmondottakból logikusan következik, hogy az ily szabályos jellegű kéregmozgások zónáiban a felsőrendű szintezési alappontok csak az esetben tudnak céljaiknak tökéletesen megfelelni, ha azok magasságváltozásának évi nagyságát szabatosan meghatározva, azt mint időbeli korrekciót alkalmazzuk az egyes alappontok magasságértékeinek későbbi felhasználásai alkalmával.

Miután a Solferino—Peri—Ala izosztatikus maximum süllyedését megállapítottuk, rátérünk az Appenninek—Po-síkság-depresszió izosztatikus mozgásának vizsgálatára. Ezen területnek az izosztatikus egyensúlyba jutásra való törekvés következtében emelkednie kell. Amint látni fogjuk, a földkéreg e részének ez az emelkedése nem oly egyenletesen megy végbe, mint az előbb tárgyalt zóna süllyedése.

A makroszeizmikai megfigyelések alapján ismeretes, [21] hogy az izosztatikus depresszió legalacsonyabb értékeinek zónája igen élénk szeizmicitással bír. A szelvényünk területén többek között Firenzuola, Giogo, Pietramala, Loiano, Bologna és Ferrara időnként megismétlődő erős földrengések zónái.

A mikroszeizmikai megfigyelések kiértékelése is igen értékes eredményeket szolgáltatott a földkéreg izosztatikus egyensúlyának megismerése szempontjából. Tanulmányunk tárgyává tett zónában Prof. P. Caloi az 1939. február 11-i Marradi-i földrengést kiértékelve megállapította, hogy annak hipocentrális mélysége 5—10 km között volt és hogy e rengés a rétegek felemelkedéséből származott.

E. Rosini [22] az 1939. október 15-i Garfagnana-i földrengés adatait kiértékelve megállapítja, hogy ezt ugyancsak a rétegek felemelkedése okozta. A rengés hipocentrumának mélysége 25 km volt.

Amint látható, ezek az eredmények a legteljesebb összhangban vannak a terület többi geofizikai megfigyelési adataival és egyúttal a földkéreg e részének földrengések útján való emelkedési tendenciáját bizonyítják, ami egyúttal az izosztatikus egyensúlybajutás feltételét is jelenti.

Ezen értekezésben a leírt zónában a földkéreg izosztatikus egyensúlyi viszonyait szakaszonként tárgyaltuk. Külön tárgyaltuk az izosztatikus maximum területének süllyedését és a depressziós zóna emelkedését. A valóságban azonban ezen mozgások egybefolynak, habár az egyik jelenleg állandónak, a másik pedig szakaszosnak adódik.

Az izosztatikus egyensúlyba való törekvésnek egy orogén időszakba eső fázisát mutatja az Appenninek takaró redőinek a keletkezése is. Úgy a modern olasz, mint a külföldi geológusok véleménye [23] most már megegyezik azon feltevésben, hogy az Appenninek takaró redői, melyek helyenként 2000 m vastagságot is elérnek, a Liguri-tenger területéről, több mint 100 km távolságból orogén erők által megindítva, a gravitáció hatása folytán csúsztak jelenlegi helyükre, az Appenninek — Po-síkság depresszió zónájába. Belátható, hogy a Liguri takarórétegeknek a Liguri-tenger területéről a jelenlegi helyükre való tolódása is az izosztatikus egyensúly felé való törekvést szolgálta.

Ezekután rátérünk e tanulmányunk második szelvényének az ismertetésére.

»A gravitációs anomáliák változása, egy, az Északkeleti-Kárpátokon átfektetett szelvény mentén« c. táblánk Hajduszoboszló és Tarnopol között, Tanni immár klaszikussá vált munkájában közölt szelvény helyén ábrázolja az Északkeleti-Kárpátok orografiai egysége és a gravitációs anomáliák közötti összefüggéseket.

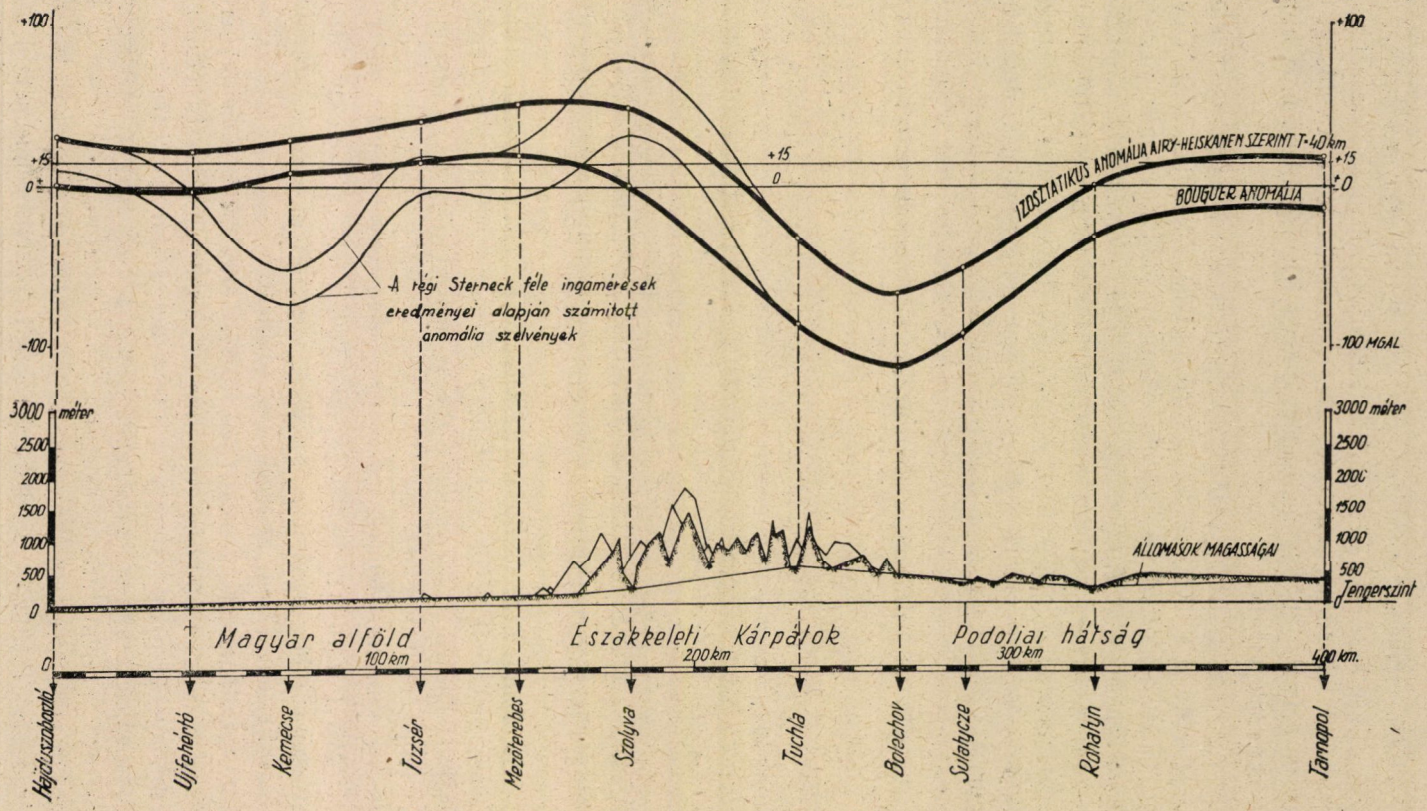
Az ábra alsó részében a topográfia vázlatos képe, valamint az állomásmagasságok szelvénye látható, az ábra felső részében pedig a Bouguer és az Airy Heiskanen, $T = 40$ km hipotézis alapján számított anomália-görbék vannak megrajzolva.

A Tanni által szerkesztett szelvény a hajduszoboszlói Oltay-féle ingaállomás értékéből indul ki, Újfehértó, Kemecse, Tuzsér, Mezőterebes, Szolyva, Beszkid, Tuchla értékeit jobb észlelési anyag híjján a régi Sterneck-féle ingaészlelések eredményeiből veszi, majd Bolechov, Sulaticze, Rohatin és Tarnopol értékeit a modern lengyel ingamérések eredményei alapján veszi számításba.

Mivel Tanni munkájának megjelenése óta a szelvény által harántolt területen újabb gravitációs mérések végeztettek, ezek eredményei alapján helyesbítettem a régi Sterneck-féle adatokat.

Az újfehértói, kemecsei és tuzséri gravitációs anomália-értékeket az Állami Eötvös Lóránd Geofizikai Intézet e területen végzett torziós-inga mérései eredményei alapján vettem számításba, a Mezőterebes (Sztrabicsó) és Szolyvának megfelelő anomália-értékeket pedig a volt Magyar—Olasz Ásványolajipari Rt., graviméteres csoportja által végzett mérések észlelési eredményei alapján helyesbítettem. Az anomália-szelvények így Szolyva és Bolechov között már a régi Tuchla és Beszkid-i értékek figyelembevétele nélkül is megrajzolhatók voltak, azonban, mivel Tuchla az ily módon nyert anomália-rendszerbe

A GRAVITÁCIÓS ANOMÁLIÁK VÁLTOZÁSAI, EGY, AZ ÉSZAKKELETI KÁRPÁTOKON ÁT FEKTETETT SZELVÉNY MENTÉN.



6. ábra

jól beillik, ennek régi értékét a szelvény megszerkesztésénél felhasználtuk, míg a beszkidi régi ingaállomás értékét, annak kiugró volta miatt nem vehettük figyelembe.

A modern mérési anyag alapján rajzolt Bouguer-anomália-szelvényt és az izosztatikus anomália-görbét az ábra felső részén tüntettük fel. A Tanni által számításba vett anomália-értékek a rajzban szintén láthatók.

A régi és az új anomália-görbék összehasonlítása alapján megállapíthatjuk, hogy azok a modern észlelési anyag felhasználásával lényeges változást szenvedtek. A régi Sterneck-féle értékek közül a legnagyobb eltérés a kemecsei ingaállomás értékénél adódik, mely értéket 81 mgallal kellett helyesbíteni.

Természetes, hogy ezek a nagymértékű értékváltozások lényegesen megváltoztatják úgy a Tanni és később Facsinay [24] által szerkesztett izosztatikus anomália-térképek e területre eső részeit, amelyekről a kemecsei minimum-zóna teljesen eltűnik, ezenkívül módosításra szorulnak a Tanni által szerkesztett izosztatikus tömeganomália térkép és szelvények is. A Tuchla—Beszkid közötti valószínűtlenül nagy grádiens-érték is lényegesen lecsökken.

E helyen kívánok megemlékezni egy, a Magyar Medence felépítését érintő téves adatról, amely Tanni értekezésében szerepel és amely szintén helyesbítésre szorul. Tanni 1942-ben megjelent értekezésében Fekete Jenő [25] 1936-os Geofizikai Intézeti jelentése nyomán, egy mezőkövesdi számított geológiai szelvényt közöl, melyben egy 600 m vastag 1,4-es sűrűségű tufaréteg szerepel és amely adatot a szerző, mint a Magyar Alföld fiatal üledékes rétegsorozatának jellemző értékét fogadja el. Időközben ez a felfogás a külföldi szakkörökben elterjedt. Heiskanen 1950-ben megjelent értekezésében utal erre, ahol Tanni munkáját méltányolva a következőket írja »Taking into the account the known light superficial layers (tuff) of Hungary« etc., vagyis, hogy számításba véve Magyarország ismert könnyű rétegeit (tufákat) stb.

Meg kell állapítanunk, hogy a Mezőkövesd környéki fúrások valóban igen vastag tufás összleteket harántolnak, azonban ezek tufás rétegek, melyek nemcsak tufákból állanak, és ezért átlagsűrűségük nagyobb 1,4-nél. 600 m vastag 1,4 sűrűségű réteg Mezőkövesd környékén nincsen. A Mezőkövesd környéki tufás rétegösszletek pedig inkább helyi jelentőségűek és semmiképpen sem vehetők az egész Magyar Medencére jellemzőknek.

A közölt gravitációs anomália-görbék összehasonlítása alapján megállapítható, hogy a Bouguer-anomáliák-menete e területen is hasonló az izosztatikus anomáliák menetéhez.

Az izosztatikus anomáliák lényege egy nagykiterjedésű izosztatikus maximum-vonulat, mely kb. Munkács magasságával, Sztrabicsónál éri el tetőpontját (+ 54 mgal-t). Ezenkívül az Appenninek zónájához hasonlóan a Kárpátok vonulata és a Podoliai Hátság alatt egy oly izosztatikus depressziós zóna indikálódik, mely a Kárpátok északi lábai alatt, Bolechovnál éri el maximális mélységét (— 66 mgal-t).

Valószínű, hogy e két izosztatikus anomália-zóna egyikében sem érkezett el a földkéreg az izosztatikus egyensúly állapotába.

Az izosztatikus pozitív anomália területén az egyensúlyba jutás iránti törekvés süllyedésben nyilvánul meg. Ennek bizonyítékát a volt csehszlovák precíziós szintezések alkalmával bemért régi alappontok magasságváltozásai szolgáltatták [26], melyek eredményei szerint a Munkács-környéki süllyedések értéke megfelel a Nagyalföld közepén tapasztalt süllyedések nagyságrendjének.

Az izosztatikus depressziós zóna geológiai felépítése nagy hasonlatossagot mutat az Appenninek strukturájához. Az Északkeleti-Kárpátok takaróredői nem nagymértékben befolyásolják a gravitációs anomália-képet, amelyben elsősorban a galiciai síkságról mélyen a Kárpátok öve alá nyúló nagyvastagságú fiatalabb üledékes rétegek medencéjének gravitációs hatása jelentkezik.

A depressziós zóna izosztatikus jellegű mozgásáról nincsenek szabatos fizikai adataink. A szintezési alappontok magasságváltozásaiból és a földrengési adatok kiértékeléséből származó adatok még nem állanak rendelkezésünkre.

Ismeretesek oly földtani megfigyelésekre alapozott tanulmányok [27, 28], melyek szerint a Kárpátok jelenleg is emelkedőben vannak. Jaskó Sándor [27] egy tanulmányában a Kárpátok emelkedését az eocén-kortól kezdődően tételezi fel. Szerinte az emelkedés következtében lepusztulás és üledékképződés a szarmatától a pliocénig rohamosan megnőtt s a pliocéntől a holocénig fokozatosan csökken, napjainkban pedig azt már lecsökkent mértékűnek tartja.

A gravitációs anomália-kép szemlélete alapján ez az emelkedés is izosztatikus jellegűnek tekinthető.

Megállapítható azonban e területen is, hogy az az orogén folyamat, amely a Kárpátok keletkeződéséhez vezetett és amely az izosztatikus anomáliák által jelzett tömegtöbbletek zónájából tolta át a Kárpátok takaróinak tömegét jelenlegi helyükre, szintén a földkéreg izosztatikus egyensúlybajutási törekvését szolgálta.

IRODALOM

1. *Heiskanen W.*: Catalogue of the isostatically reduced Gravity Stations. Helsinki 1939.
2. *Dore P.*: Misure di gravitá relativa sull' Appennino Tosco-Emiliano, Bologna 1929.
3/a. *Ballarin S.*: Determinazioni di gravitá relativa eseguite nel 1928. Milano 1930.
3/b. *Ballarin S.*: Determinazioni di gravitá relativa eseguite nel 1928. Bologna 1930.
3/c. *Ballarin S.*: Trentadue determinazioni di gravitá relativa eseguite nel 1935—36. Bologna.
4. *Holopainen P. E.*: On the gravity field and the isostatic structure of the earth's crust in the East Alps, Helsinki 1947.
5. *Morelli C.*: La rete geofisica e geodetica in Italia nel suo stato attuale e nei suoi rapporti con la struttura geologica superficiale e profonda, Trieste 1946.
6. *Heiskanen W.*: On the isostatic structure of the earth's crust, Helsinki 1950.
7. *Lejay P.*: Développements modernes de la gravimetrie, Paris 1947.
8. *Lehner M.*: Beiträge zur Untersuchung der isostatischen Kompensation der schweizerischen Gebirgsmassen. Basel, 1930.
9. *Tanni L.*: On the isostatic structure of the earth's crust in the Carpathian countries and the related phenomena, Helsinki 1942.

10. *Morelli C.:* lásd 5-öt.
11. *Dore P.:* L'anomalia regionale della gravitá nell'Appennino e nell'avampaese Appenninico-Bolognese, Bologna 1942.
12. *Morelli C.:* lásd az 5-öt.
13. *Dore P.:* lásd a 11-et.
14. *Schwinner R.:* Geophysikalische Zusammenhänge Zwischen Ostalpen und Böhmischer Masse, Gerlands. Beitr. z. Geoph. Bd. 23. Hf. 1, 1929.
15. *Caloi P.:* Caratteristiche sismiche dell'Appennino tosco-romagnolo, Roma 1940.
16. *Holopainen P. E.:* lásd 4-et.
17. *Heiskanen W.:* lásd 6-ot.
18. *Pacella G. B.:* Livellazioni e movimenti verticali regionali. Trieste 1947.
19. *Silva G.:* Verbale delle sedute della R. C. G. I tenute a Roma il 28 maggio 1935 (Padova, 1936).
20. *Schefjer V.* és *Kántás K.:* A Dunántúl régionális geofizikája. Budapest, 1949.
21. *Baratta M.:* I terremoti d'Italia, Torino 1901.
22. *Rosini E.:* Il terremoto della Garfagnana del 15 ottobre 1939. Roma 1940.
23. *Dal Piaz G. B.:* L'influenza della gravitá nei fenomeni orogenetici, Torino 1943.
24. *Facsinay L.:* Isostatic anomalies of Transdanubia (Hungary) according to the gravity meter measuerements. Milano 1948.
25. *Fekete E.:* Report on the Activities of the Baron Roland Eötvös Geophysical Institute to the General Assembly of the Intern. Geod. and Geophys. Union, in Edinburgh, Budapest, 1936.
26. *Vyrocni* správa za rok, 1927. Institut géographique militaire de Prague, Praha 1928.
27. *Jaskó S.:* Lepusztulás és üledékfelhalmozódás Magyarországon a kainozoikumban. Budapest, 1948.
28. *Voitesti J. P.:* Aperçu général sur la géologie de la Roumanie. Bucureşti 1921.

HOZZÁSZÓLÁSOK

TÁRCZY-HORNOCH ANTAL rendes tag

Scheffer előadásának elvi érdekessége az, hogy az izosztázia elméletének megfelelő kéregmozgásokat sikerült valóban ki is mutatnia. Érdemes lenne hasonló vizsgálatokat még további területekre is elvégezni.

Scheffer vizsgálatai is megerősítik már régebben kifejezett ama felfogásunkat, hogy az egyes pontok meghatározott magassági adatait mint az időtől függő értékeket kell kezelnünk, s a jelentősen eltérő időkből származó szintezési eredményeket nem ajánlatos az eddigi módszerek szerinti közös kiegyenlítésekbe belevinni. Ha azonban az egyes magassági pontoknak különböző időkből való ellenőrzött magasságait ismerjük, az egyes helyek időbeli változásának a függvényét meghatározhatjuk s így mérési eredményeinket a kiegyenlítéshez közös időpontra átszámíthatjuk.

Scheffer vizsgálatainak további területekre való kiterjesztése már csak azért is kívánatos, mert ha sikerül megállapítani, hogy az izosztatikus anomália és a süllyedés nagysága között nagyobb területeken egyenes arány áll fenn, akkor az anomália- és időegységre (pl. évre) eső süllyedést mint a kiegyenlítésből meghatározandó ismeretlent ezeken a területeken esetleg magába a kiegyenlítésbe is bevihetjük. A kiegyenlítésből ennek az ismeretlennek középhibáját és így az érték megbízhatóságát is kiszámíthatnók. Ha az anomália- és időegységre eső süllyedés az egyes területeken eltérő értékű, több meg nem mért és meghatározandó ismeretlent is be lehetne a kiegyenlítésbe vinni, bár ezáltal a meghatározás megbízhatósága csökken.

Scheffer vizsgálatainak a folytatása az előbbiekben felvetett kérdésekre választ adhat és így a geodézia szempontjából igen fontos.

KÁNTÁS KÁROLY

Scheffer Viktor kartársam előadásában két középeurópai szelvény mentén vizsgálta a földkéreg izosztatikus egyensúlyi helyzetét. Tárgyalása során szigorú okfejtéssel vezette le megállapításait a rendelkezésére álló adatokból. Úgy, hogy ezekhez hozzátennivalónk nem lehet. Scheffer néhány fontos megállapítását, új eredményét azonban úgy érzem, külön is ki kell hangsúlyozni.

Szeizmikai eredmények alapján megállapították, hogy a München—Aiacció szelvény északi végétől a Liguri-tenger zónájáig a gránitkéreg fokozatosan kb. 8—10 km-es elvékonyodást szenved. Bár a szeizmikus vizsgálatok megbízhatóságához és eredményei helyességéhez kétség nem fér, megelégedéssel szemlélhetjük, hogy ezeket az eredményeket Scheffer gravitációs vizsgálata is megerősíti. A gránitkéreg elvékonyodása következtében az alatta levő nagyobb sűrűségű kéreg közelebb jut a felszínhez, így gravitációs anomália-növekedést kell, hogy létrehozzon. Megvizsgálva a nevezett szelvénymenti változásokat, a regionális gravitációs értéknövekedés megtalálható. Kvalitatíve ez egymagában is igazolná a feltevés helyességét. Scheffer számításai kvantitatíve is megadják a kéregrész kb. 8 km-es elvékonyodását, ill. a nagyobb sűrűségű — gránit alatti — kéregrész ilyméretű felemelkedését.

A másik, amit kiemelni kívánok, egy igen szép példája a földkéreg izosztatikus egyensúlybajutási törekvésének : a Solferino—Peri—Ala izosztatikus

maximum süllyedése. A szintezési alappontváltozások egymagukban nem adtak elegendő bizonyítékot arra, hogy mérési hibákról van-e szó, vagy pedig vertikális kéregmozgásról. A felhozott gravitációs anomália-görbe világosan eldönti a kérdést.

Ki kell még emelnem Scheffer kartársam rektifikálását a nagyalföldi (Mezőkövesd) tufákat illetően. Éppen ideje volt ennek az adatnak a helytelenségére felhívni a figyelmet. A világirodalom átvette, hogy itt 600 m vastag 1,4 átlagsűrűségű tufás rétegek vannak. Geológiai megfontolásokkal is ellenkezik ez az állítás, a fúrási adatok pedig kétségtelenül bizonyítják, hogy az ilyen feltevés, különösen pedig ennek általánosítása az egész Magyar Medencére, teljesen téves.

FACSINAY LÁSZLÓ

Őszinte örömömre szolgál, hogy Scheffer kartársam igen értékes és alapos előadásához e helyen hozzászólhatok. Az előadás új utakat nyit meg a gravitációs interpretáció sokszor nehéz kérdéseiben és egyben utat mutat a további izosztatikus kutatások széleskörű kiterjesztésére. Megismertük tanulmányából, hogy mint magyarázhatók az izosztatikus anomáliák a geodéziai adatok, a földtani viszonyok ismeretének és a szeizmikának segítségével.

Scheffer kartársunk előadásának első részében egy tőlünk távolálló terület gravitációs anomáliáit értelmezte, ez a távolság tudományos szempontból csak látszólagos, mert az értelmezés módja sok új gondolatot ad a geofizikusoknak hazai viszonylatban is. A tanulmány tárgyául választott területeken ő maga modern graviméterekkel mért és a területek földtani és tektonikai viszonyait is jól ismeri.

Az izosztatikus anomáliák elbírálásánál, mint első következtetést láthatjuk, hogy a régi ingaállomások alapján számított izosztatikus anomáliák és a belőlük levont következtetések nem mindenütt állják meg a helyüket. A korszerű ingamérések és graviméteres mérések azokon a területeken, ahol régi ingamérések voltak, azt mutatják, hogy a régi ingamérések sokhelyütt nagy pontatlanságot, nagy hibákat tartalmaznak, amellett egyes területeken a mérések igen ritkák és a régi következtetéseket az új eredmények alapján módosítani kellett.

A fennmaradó izosztatikus anomáliák nem magyarázhatók mindig az izosztatikus egyensúlyban beállott zavarokkal, itt a felszínhez közelfekvő sűrűségkülönbségekre is tekintettel kell lenni, mint azt pl. az előadó a Solferino—Peri—Ala-i nagy izosztatikus maximum vonulatnál tette.

Nagyon fontos a szeizmika eredményeinek kiértékelése és a gravitációs eredményekkel való összehasonlítása. Itt az előadónak arra a figyelemreméltó vizsgálatára utalok, amellyel a Po-medence és az északi Appenninek izosztatikus anomáliáit a gránitréteg-vastagság változásaival magyarázza. De figyelemreméltó az a megállapítás is, hogy az izosztatikus anomáliák relatív viszonyainak vizsgálatánál a regionális értékváltozásokat jelző alapvonalból kell kiindulni.

Szerintem a legnagyobb horderejű útmutatás a további kutatásokra az, hogy a szintezési alappontok változásait időről-időre pontos vizsgálatoknak kell alávetni. A mért gravitációs értékek a mérés idejére vonatkozó gravitációs viszonyokra jellemzőek, azokból következtethetünk a földkéreg jelenlegi izosztatikus állapotára. A feltevések igazolására az izosztatikus mozgásokra, általában a kéregmozgásokra a magasságváltozások vizsgálata adhat magyarázatot. Scheffer kartárs az izosztatikus anomáliák és a magasságváltozások gondos

összevetését alkalmazta Észak-Olaszországban és abból érdekes következtetéseket vont le.

Az izosztatikus redukciós számítási eljárások, a számítások egyszerűsítése céljából, a lokális kompenzációk feltételén alapulnak. Vening—Meinesz már regionális kompenzáció esetére számított ki táblázatokat, a számításoknál feltételezte a regionalitás különböző méreteit. Ezek a számítási eljárások sematikusak és a valósághoz csak megközelítően igazodnak. Schwinner véleménye az volt, hogy az önállóan mozgó kéregrészek körülhatárolását meg kell kísérelni geológiai meggondolások alapján, ez azonban nem könnyű feladat. A magasságváltozások ilyenirányú tanulmányozását a jövőben fokozottabban ki kell terjeszteni, mert éppen az előadásban hallhattuk, hogy a magasságváltozások tanulmányozásából a nagyobb kéregrészek regionális kompenzációja mellett, kisebb kéregrészek lokális mozgásai is igazolhatók.

Természetesen nem lehet mindebből általános következtetést levonni. Azonban ma, amikor már nagy pontosságú gravitációs műszerek állanak rendelkezésünkre, nem elégedhetünk meg a vázlatos számítási eljárásokkal, hanem a módszereket tovább kell fejleszteni.

Az előadás második fele foglalkozik az Északkeleti Kárpátok gravitációs anomáliáival. Itt is az újabb mérések szolgáltak a következtetések alapjául. Az eddigi feltevések bizonyos korrekciókat vonnak maguk után. A Mezőkövesd-környéki fúrások helyesbített interpretációja mellett, feltűnik az Appenninek és a Kárpátok északi vonulata alatti depressziós zóna analógiája.

Új utakat kell tehát keresnünk a jövőben a gravitációs mérések izosztatikus és gyakorlati eredményeinek értelmezésében. Az úton már elindultunk, amikor megkezdtük az eddiginél pontosabb gravitációs hálózat méréseit. A Magyar Tudományos Akadémia Geodéziai és Geofizikai Bizottságának javaslatára az Áll. Eötvös Lóránd Geofizikai Intézet ez évben elkezdte a gravitációs I-rendű és II-rendű alaphálózat kiépítését. Az I-rendű alapállomás hálózat a nyár folyamán elkészült, a legkorszerűbb graviméterrel, repülőgépes szállítással. Ezzel a munkával a geofizikai kutatások tudományos téren komoly előrehaladást tettek. A gravitációs mérések klasszikus hazájában ez a lépés igen nagyjelentőségű. Az ország területén lévő 16 alapállomáson a leggondosabb előkészületek után megtörténtek a repülőgépes mérések, a mérések pontossága néhány századmilligalra tehető. Ezek az állomások alappillérei az egész gravitációs hálózatnak, amely nagy részletességgel, majdnem az egész ország területét felöleli. Jelenleg folyamatban van a másodrendű bázisállomások mérése. Eddig a 93 ezer km^2-ből 23 ezer km^2-t mértek fel, az állomástávolságok átlaga 15 km. A mérések kivitelében nagy segítséget nyertünk a Szovjetunióból itt járt Petrov kartársunktól, aki a Szovjetunióban már alkalmazott módszerek alapján ,értékes tanácsokkal szolgált az alapállomás mérések helyes és gazdaságos kivitele szempontjából. Lehetővé válik majd az alapállomás-hálózatok elkészítése után, hogy az ország részletes gravitációs méréseit, kiegyenlítve egységesen interpretálhassuk. Az alapállomások helyén kb. 1 m^2 területű gránitlapokat helyeztek el, ezek lehetővé teszik azt, hogy bármikor akár a szintezéseket, akár a graviméteres méréseket azonos körülmények közt megismételjék és a szintváltozásokból, vagy gravitációs változásokból következtetést vonjanak le.

Lépések történtek azirányban is, hogy a külföldi tapasztalatcserék tanulsága szerint a geofizikus szakemberek kiszélesítsék a szomszédos, baráti népidemokráciákkal való együttműködést, itt elsősorban a gravitációs mérések

összekapcsolását kívánjuk megvalósítani. Az így egységesített gravitációs izogamma-térkép alkalmas lenne nagy területeken az izosztatikus redukciók elvégzésére és egységes értelmezésére. Ennek szükségessége éppen az előadásból tűnik ki, mert a Kárpátok íve belső és külső területeivel nagyon hálás az izosztatikus viszonyok tanulmányozására. De addig is a kiegyenlített egységes gravitációs hálózatunk izosztatikus redukcióját, bizonyos kiválasztott állomásokra el kell végeznünk, a Heiskanen által ajánlott standard-módszer szerint, hogy a hazai geoid-darab pontosabban meghatároztassék. A magyar geofizikusokra e téren még sok feladat vár és a feladatok megoldásához Scheffer kartársunk sok új és értékes adattal járult hozzá, amelyet fel is kívánunk használni. Reméljük, hogy a tudományos munkának egységes, kollektív együttműködése a gyakorlattal, még igen hasznos eredményekre fog vezetni.

PAPP GYULA

Scheffer Viktor előadásának kellő értékeléséhez, szabad legyen előljáróban a következőket elmondanom.

Amikor ezelőtt 22 évvel, 1929-ben a Mérnök- és Építészegylet geodéziai szakosztályában a földi izosztáziáról előadást tartottam, az izosztázia szó és fogalom nem volt olyan közkeletű, mint ma, sőt sokan még a létjogosultságát is vitatták.

Hozzászólásom keretében, mint geodéta az izosztáziát geodéziai vonatkozásban óhajtanám megvilágítani.

A geodéziában az izosztázia fogalmának a bevezetése a föld alakjának vagy egyes nagyobb kiterjedésű részeinek a meghatározásához vált szükségessé.

Minthogy a valódi földalak, a tengerek középszintjében uralkodó nehézségi erő potenciálfelülete a geoid, a földkéreg szabálytalan tömegeloszlásai miatt szabálytalan alakú felület, azért a geodéták a geoidot legjobban megközelítő, matematikailag is könnyen kezelhető felületeknek a meghatározására törekszenek.

Ezt a szabályos felületet geometriai és fizikai mérésekből törekedtek megállapítani. Ez a törekvés végeredményben olyan forgási ellipszoidhoz vezetett, amelyikhez mérten a nehézségi erő irány- és nagyságbeli rendellenességei, a függővonalelhajlások és a nehézségi anomáliák a legkisebbek.

A geodéták eleinte azt hitték, hogy a függővonalelhajlások tisztán mérési pontatlanságból származnak. A mérőműszerek és mérési módszerek tökéletesedésével később rájöttek, hogy az eltérések oka elsősorban nem a mérésekben, hanem a földben rejlő rendellenességekben keresendő.

A függővonalelhajlásoknak a földfelületi rendellenességekből való meghatározásához kísérleti méréseket végzett előbb Bouguer az Andesekben, később Pratt a Himalayában. Mindketten arra az eredményre jutottak, hogy a mérés sokkal kisebb eltérést eredményez, mint a számítás. Ebből arra következtettek, hogy a földfelületi szabálytalan tömegeloszlásokat a földkéreg alsóbb rétegeiben levő tömegeloszlások kompenzálják. Ez a meggondolás vezetett az izosztázia fogalmához és az Airy és a Pratt-féle hipotézisekhez. Ezeket Hayford és Heiskanen továbbfejlesztették és alkalmazták. Kimutatták, hogy a mérési eredmények tengerszintre redukálásánál az izosztatikus redukálási módszerrel lehet a legkisebb függővonalelhajlásokat és nehézségi anomáliákat elérni.

Előadó két szelvényének vizsgálatából megállapítható most már az, hogy a földkéregnek az izosztatikai kiegyenlítődésre törekvése valóban fennáll,

továbbá az, hogy több esetben a geodéziai és geofizikai kutató módszerek egyező eredményre vezetnek. Hivatkozom itt előadónak arra a megállapítására, hogy a München—Aiaccio szelvény északi végétől a Liguri-tenger zónájáig terjedő gránitréteg elvékonyodásának mértéke a mikroszeizmika és az izosztáziai anomáliák alapján szép összhangot mutat. A másik a Solferino—Peri—Ala-i szakasz vizsgálatából leszűrt következtetés. Ezen a szakaszon ugyanis a földkéreg izosztatikai egyensúlya nem áll fenn, de törekszik az egyensúlyi állapot felé. És ezt, a szintezési alappontok 40 év alatti magasságváltozásaiból szépen meg lehetett állapítani.

Minthogy a geodézia földalak-meghatározásainál a földkéreg rendellenes tömegeloszlásaival bizonyos eltérésekkel éppúgy foglalkozik, mint a geofizika, vagy geológia, kutató módszereik eredményei is kölcsönösen felhasználhatók.

Felmerül itt most már az a gondolat, hogy a függővonalelhajlások és időbeli változásai nem volnának-e felhasználhatók a geofizika által tömegrendellenességek és izosztatikai egyensúlyra törekvések megállapítására. Éppúgy a geofizikai kutató módszerek eredményeit nem lehetne-e a geodézia mérési eredményeinek tengerszintre redukálásánál felhasználni.

Az előadással kapcsolatosan újra felmerülő régebbi probléma a kéregmozgások horizontális komponenseinek megállapításához a geodézia által megfelelő mérési adatok nyujtása. Ehhez szükséges volna a vizsgálandó helyeket borító, a lehető legszabatosabban meghatározott háromszöghálózat, amelyet bizonyos időközökben újra meg kellene határozni. Ennél a háromszöghálózatnál előnyösen lehetne a dr. Regőczi által a kitöltő hálózatokra javasolt 7—8 km hosszú háromszögoldalakat alkalmazni.

EGYED LÁSZLÓ

Az elhangzott előadás azt a triviálisnak tűnő, mégis a földtan szempontjából rendkívül jelentőséggel bíró tényt igazolja, hogy a földkéreg mozgásaira és jelenségeire nagyban és egészben alkalmazhatók a fizika általános törvényei.

A részleteket illetőleg néhány megjegyzést és gondolatot szeretnék felvetni.

Az első megjegyzésem az, hogy az a tény, hogy a különböző izosztatikus redukciók eredményei — beleértve a Faye-féle redukciót is, amely szintén izosztatikus redukció — egymástól nem sokban térnek el, annak oka az izosztatikus redukció elvében rejlik. Hiszen bármely feltevést vesszük is figyelembe, kell egy kompenzációs szintnek lennie, amelyen a nyomás állandó. A nyomás értéke ezen a felületen jó közelítéssel:

$$\int \sigma g \, dz$$

Az izosztázia feltételezése azt kívánja bármely két P_1 és P_2 pontra, hogy

$$\int_{P_1} \sigma g \, dz = \int_{P_2} \sigma g \, dz,$$

ami, mivel g — egy területen belül legalább is — állandónak vehető, helyettesíthető az

$$\int_{P_1} \sigma \, dz = \int_{P_2} \sigma \, dz \text{ egyenlőséggel.}$$

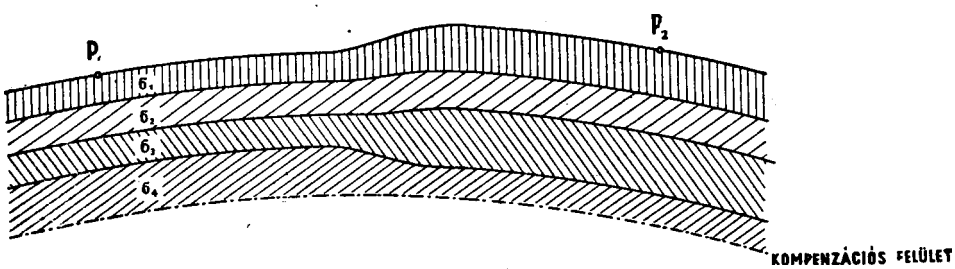
Ha az észlelési helyek környezete elég nagy területen belül egyszintűnek tekinthető (l. ábrát), a fenti egyenlőség teljesülése minden további feltételezés

nélkül arra vezet, hogy a Faye-féle redukció elvégzésével az észlelési adatok legtökéletesebb izosztatikus redukcióját végeztük el.

Ekkor ugyanis a kompenzációs felületig terjedő különböző rétegek gravitációs hatása a P_1, ill. P_2 pontban

$$2\pi f \int_{P_1} \sigma' dz \quad \text{ill.} \quad 2\pi f \int_{P_2} \sigma \, dz \quad \text{lesz,}$$

amely az izosztázia fennállása esetén triválisan egyenlő s ennek folytán a szabadlevegő-hatással történő tengerszintre való redukálás már azt jelenti, hogy homogén övekből felépitett Földre redukáltuk észleléseinket, tehát izosztatikus redukciót vegeztünk. Az izosztatikus redukció szerepet csak ott játszhat, ahol a domborzati viszonyok eléggé változók. Az izosztatikus redukció elvégzéséhez ebben az esetben azonban szükséges ismernünk a sűrűségeloszlást. Mivel ezt vagy nem ismerjük, vagy eléggé nem ismerjük, ezért erre feltételezésekkel kell



1. ábra

élnünk és a legkisebb négyzetek elvének alkalmazásával arra törekszünk, hogy a Faye-féle hatás mellett még szerepet játszó topografikus hatás és a kompenzáló tömegek hatása egymást lehetőleg kiegyenlítse az elvileg feltételezett sűrűségeloszlás mellett. Ezek a hatások tehát már a redukciós módszer elve alapján közel kell essenek a zérushoz és a végeredmény a Faye-féle redukált értékekhez. A legnagyobb eltérést itt a regionális kompenzációt feltételező redukciók adhatják, ahol a nyomáseloszlásnál már a szilárdsági viszonyokat is figyelembeveszik. A gyakorlat ezt igazolja is.

A második megjegyzésem a következő : A Liguri-tenger zónájában észlelhető pozitív izosztatikus anomáliák magyarázatát véleményem szerint nem elegendő csupán a gránitkéreg kivékonyodásában keresni, mert ennek megfelelően az izosztatikus egyensúly megköveteli a gabbróréteg kivastagodását s ez eléggé kompenzálhatja esetleg a gravitációs hatásban. A magam részéről ezen a területen inkább egy hidrodinamikus jellegű egyensúlyt tételeznék fel, amelyet a magma mozgására vezetnék vissza. Erre utalnak legalábbis a területen észlelhető közepes mélységű (70—250 km) földrengések.

Rendkívül érdekes és meglepő a Solferino—Peri—Ala-i gravitációs maximum és az ezen a területen fellépő kéregmozgások kapcsolata, amelyet az előadó oly éles szemmel meglátott. Az anomália és a kéregmozgás közötti nagyságrendi kapcsolat arra mutat, hogy az izosztatikus egyensúly megbomlása vonta maga után a kéreg süllyedését. És ez a példa arra a sokat vitatott kérdésre is

feleletet ad, hogy vajjon egy terület azért süllyed, mert hatalmas tömegű üledékek rakódnak rá, vagy pedig azért rakódnak le hatalmas tömegű üledékrétegek, mert a terület süllyed. Itt és általában határozottan az első esettel állunk szemben. Kivételt az orogén jellegű területek képviselnek, ahol az izosztatikus egyensúly megbomlását a hidrodinamikus hatások fellépésével lehet magyarázni és ahol emiatt lép fel a süllyedő jellegű kéregmozgás. A bemutatott kéregmozgás egy határozott törésvonalat is kijelölni látszik, ami szintén a fenti megállapítások mellett szól.

Az előadásnak legérdekesebb szelvénye a Kárpátokon átfektetett szelvény. Ha emellé odatesszük akár a Japánon keresztülfektetett gravitációs szelvényt, akár a jávai szelvényt, e szelvények menetében, lefolyásában és méreteiben kétségbevonhatatlan egyezést találunk. Még megdöbbentőbb a hasonlóság, ha figyelembe vesszük a kárpáti vulkanikus zónát. Az említett másik két szelvény ennek megfelelő helyén a ma is többé-kevésbbé működésben levő tűzhányóterületek találhatók. Az alföldi háttérnek a Japán-tengert, ill. a Jáva és Borneo közötti tengert tekinthetjük. A különbség az anomáliák nagyságában mutatkozik és abban, hogy a kárpáti területeken hiányoznak a közepes és mélyfészkű rengések, ami jó egyezésben van azzal, hogy a kárpáti terület egy orogenézisen túlesett zóna és már hosszabb ideje törekszik egyensúlyra. Ez a kép azonban jó alátámasztása a Griggs-féle hegységképződési elgondolásnak, amely ha talán az eredeti formájában nem is, de kisebb módosításokkal mégis a legjobb magyarázata a geoszinklinális elméletnek.

BENDEFY LÁSZLÓ

A magam részéről a felvetett kérdéseknek a felsőrendű szintezések által érintett részéhez óhajtok hozzászólni azoknak a tapasztalatoknak és tanulmányoknak alapján, amelyeket a magyarországi nagyszabatosságú szintezések során évtizedek folyamán szereztem, illetőleg végeztem.

Kétségtelen, hogy a kéregmozgásokra vonatkozó vizsgálataink alapja az a kérdés, vajjon milyen megbízhatóságúak azok a szintezések, amelyek eredményéből kimutatjuk a vizsgált időtartam alatt bekövetkezett szintváltozásokat. *Pacella* prof. szerint az Istituto Geografico Militare Italiano századeleji szintezései elegendő szabatosságúak ahhoz, hogy kéregmozgástanulmányokhoz felhasználhatók legyenek. Magam is ezt vallom, mert a magyarországi vizsgálatok is azt tanusítják, hogy a századeleji, sőt a mult század végén végrehajtott szabatos szintezések is elegendő megbízhatóságúak ahhoz, hogy azokat szintváltozások vizsgálatához összehasonlító alapul fogadhassuk el. Így nálunk a Vízrajzi Intézet 1891—1905. közötti szabatos szintezéseinek, de ugyanúgy az egykori bécsi K. u. K. Militär-Geographisches Institut 1873—1911. közötti szabatos szintezéseinek eredményeit is. Ugyanezt a nézetet vallja Regőczi E. Magyarország régi elsőrendű szintezési hálózata c. tanulmányában. (Az Áll. Föld. Közl. I. évf. 3. sz. 78—85. l. Bpest. 1949.)

Érthető Pacella és G. Silva professzorok tartózkodó magatartása, amikor a Solferino—Peri—Ala szakaszon évi 3,85 mm-es szintváltozást találtak. Ez 50 évre számítva 192 mm-nek felel meg. Hasonló értékkel mi ugyan nem nagyon gyakran találkoztunk, de az Alföldön megállapított süllyedő alappontok között nem egyedülállók a 140—150 mm-es értékek, mint ahogy az emelkedő területeken is akadunk 50 év alatt bekövetkezett 100—150 mm-es szintváltozásokra. (Az ennél magasabb értékeket a folyamatban levő vizsgálatok miatt nem

óhajtom említeni.) Az is bizonyos azonban, hogy pl. *Lišov* (régi főalappont Budweiss közelében) Nadaphoz képest (ugyancsak régi főalappont, amely a mai magyar országos felsőrendű szintezés kiinduló alapszintjét jelzi) 50 év alatt 350 mm-t emelkedett. Ez évi 7,0 mm emelkedésnek felel meg.

Manapság a szintváltozások korszerű vizsgálata nem annyira vonalak mentére szorítkozik, mint inkább területi egységeket, geológiai szerkezeti, makrotektonikai tájegységeket igyekszik összefogni. A gravitációs anomáliák vizsgálatával is kívánatos volna a területek szerinti munkamódszert bevezetni.

A magunk részéről legelső teendőnk volna a rendelkezésre álló szintváltozási adatok szakszerű, gondos, kritikai áttanulmányozása, feldolgozása és közzététele. A 20 évvel ezelőtt közzétett Gárdonyi-féle értékek nincsenek időbelileg egy nevezőre hozva, ezért átdolgozásuk feltétlenül szükséges. Másrészt azóta a nagy bécsi szintezési hálózatot a magyar Országos Felsőrendű Szintezés Tárczy-Hornoch A. prof. szíves útmutatásának szemelőtt tartásával újból kiegyenlítette, a hálózatot terhelő és fellelhető durva hibákat kikereste és kiejtette, majd a ma is meglevő és újraszintezett alappontok (furatos falitáblák) magasságát az új kiegyenlítési rendszerben kiszámította. Ezek a legmegbízhatóbbnak mondható régi magasságok eltérnek a nyomtatásban közzétett bécsi magasságoktól, s természetesen a Gárdonyi közzétette szintváltozási adatoknak valóságos és legmegbízhatóbb értéke emiatt még inkább eltér a 20 évvel ezelőtt közöltektől. A szóbanforgó adatok revideálása és mielőbbi közzététele annál inkább kívánatosnak és fontosnak látszik, mert elkészültünk az alapmunkálatokkal ahhoz, hogy a volt Osztrák-Magyar Monarchia egész területén végbement szintváltozások egységes rendszer szerint megállapíthatók és tanulmányozhatók legyenek. Ez a terület pedig közvetlenül csatlakozik a Pontecurone és Venezia közötti országrészhez, amelyre Pacella és G. Silva professzorok, valamint Scheffer V. vizsgálatai vonatkoznak. Nyilván nincs akadálya annak, hogy ezek a felsőolaszországi vizsgálatok fokozatosan az egész Appennin-félszigetre kiterjesztessenek.

Pacella hivatkozott tanulmányában vertikális kéregmozgásokat említ. Regionális értelemben szó lehet vertikális értelmű kéregmozgásokról, ha azonban részleteiben vesszük szemügyre az elmozdulásokat, kimondottan vertikálisokra vajmi ritkán akadunk. Még az epirogén emelkedéseket sem merném kimondottan vertikális mozgásnak minősíteni, az orogén mozgásokról nem is szólva. A legtöbb kéregmozgás ferde felületen megy végbe. E ferde irányú mozgások vertikális összetevőit a nagyszabatosságú- és szabatos szintezésekkel aránylag könnyen ki tudjuk mutatni. S ha évi 1—3—4 mm-es szintváltozást tapasztalunk, méltán csodálkozunk, mert ha pl. régi (mondjuk pliocén vagy pleistocén) szinlők, terraszok alapján kíséreljük meg kiszámítani az évenkénti vertikális elmozdulás mértékét (a geológia szolgáltatta időadatok segítségével), csak egy-két tized- vagy századmilliméteres értékekhez jutunk. Azonban egy évenkénti 3—4 mm-es vertikális szintváltozási érték sem jelenti azt, hogy ahhoz ugyanolyan rendű horizontális elmozdulás tartozik. Ez utóbbinak nagysága az elmozdulási irány ferdeségi szögétől függ. Lehet kisebb, szelső esetben zérus, de lehet sokkal nagyobb is. Azonban mindenképen egészen kicsiny értékekről van szó, 20—50 év alatt legfeljebb néhány cm-ről, amit kimutatni nagyon nehéz.

Legyen szabad itt rámutatnom arra, hogy az elmozdulások vízszintes irányú vetületének kimutatására irányuló törekvések ezideig azért nem vezettek különösebb sikerre, mivel a problémát túl nagymértékben kísérelték a kutatók megfogni. Wegener elméletével kapcsolatban a Grönland és a kanadai partok

közötti háromszögelések kimutatta hosszváltozásokat — némi joggal — erős kritikával fogadták a geodéta és geológus szakkörök egyaránt. 150—200 km-es, vagy ennél nagyobb távolságoknak 20—30 esztendő alatti, néhány cm rendű megváltozását hosszúoldalú háromszögek mérésével meghatározni a műszertechnika mai fejlettsége fokán nem lehet. Sőt azt merném mondani, még ennél sokkal kisebb, 60—80 km-es távolságokra sem lehetséges 15—20—30 mm-s hosszváltozások kimutatása hosszúoldalú háromszögekkel. Ellenben Magyarországon valószínűleg célt érnénk akkor, ha a Schmidt E. R. kimutatta hegyszerkezeti alapokra támaszkodva kiválasztanánk egy-egy hegycsoporton belüli, egymástól 25—30 km-nél nagyobb távolságban és lehetőleg ellentétes szárnyon levő pontokat. Nem kettőt, hanem többet s ezek egymástóli távolságát Regőczi Emilnek itt bemutatott új háromszögelési módszerével, a lehető legnagyobb szabatossággal meghatároznánk. A hegyszerkezeti mozgások irányzata és intenzitása ilyen rövid távolságokon belül bizonyára kiviláglik majd.

Scheffer V. előadása kitűnő bizonyítéka annak, mennyire fontos, hogy a Földdel, mint fizikai testtel foglalkozó tudományok: a geofizika, geodézia, geokémia, geológia es a fizikai földrajz művelői a legszorosabban dolgozzanak együtt egymással.

A FÖLDMÁGNESSÉGI ÉRTÉKEK VÁLTOZÁSÁNAK TÖRVÉNYSZERŰSÉGEI HAZÁNKBAN

BARTA GYÖRGY

A földmágnességi elemek térben és időben erősen változnak. Úgy gyakorlati, mint elméleti okokból fontos, hogy ezekről a változásokról tiszta képünk legyen. A földmágnességi elemek térbeli változásának megállapítására bizonyos időnként ú. n. országos méréseket végeznek. Ilyen országos mérések egyik főfeladata a normáltér megállapítása. Ha a két különböző időpontban végzett országos mérés által nyert normáltereket összehasonlítjuk, akkor azt találjuk, hogy a normálteret jellemző izogon, izoklin és izodynam vonalak fekvése megváltozott. Úgy képzelhetjük, hogy a csillagászati koordináta-hálózaton egy mágneses hálózat (az izogon, izoklin és izodynam vonalak hálózata) elmozdul és elforog.

Országos mérések aránylag ritkán vannak, a közöttük lefolyó időszakban a földmágnességi erő különböző típusú periódikus és nem periódikus változásait a földmágnességi obszervatóriumok megfigyeléseiből ismerjük. A hosszú periódusú változások vizsgálata és helyes ismerete természetesen megkívánja, hogy a földmágnességi erő összetevőinek minél hosszabb és hézagmentesebb sorozata álljon rendelkezésre. Az obszervatóriumok az idő folyamán megszűnhetnek s újabbak alakulhatnak és ezzel a megfigyelési sorozatok megszakadhatnak. A különböző időkben egymás közelében működő obszervatóriumok adatait azonban egymás helyére redukálhatjuk és ezzel az egyenként rövid sorozatokat jelentősen meghosszabbíthatjuk, szomszédos obszervatóriumok adatai segítségével pedig az adatsor esetleges hiányait kitölthetjük.

Minél régibb mágneses adatokat vizsgálunk annál több hibalehetőséget kell feltételezni, ezért szükséges, hogy a vizsgált adatsorokat több más, szomszédos obszervatórium adatsorával összehasonlítva kritikai vizsgálat alá vegyük. Ezzel a dolgozattal éppen az a célunk, hogy a földmágnességi erő időbeli változásának magyarországi adatait egységes sorozatba rendezzük, a hibás adatokat a szomszéd obszervatóriumok adatai alapján felismerjük és javítsuk, a hiányokat pótoljuk és az így nyert sorozatok törvényszerűségeit megállapítsuk.

Magyarországon obszervatóriumi jellegű mágneses megfigyelések 1871-től 1889-ig Budapesten és 1893-tól megszakításokkal 1944-ig Ógyallán folytak.

Az ógyallai obszervatórium csehszlovák területen fekszik, de adatsora a Kárpát-medence területén mindenesetre az egyetlen támpont, mindhárom mágneses elem évszázados menetének megállapítására. Ezért a budapesti obszervatórium adatait átszámítottuk az ógyallai obszervatórium helyére.

A Magyarországra vonatkozó első elhajlásadatok 1696-ból valók. Buda, Eger, Baja és Szeged elhajlási adatai maradtak fent, de ezek az eredmények csak tájékoztató jellegűek.

A XVIII. század utolsó évtizedeiben a gellérthegyi csillagdában már obszervatóriumi jellegű elhajlás megfigyelések folytak. Sajnos az észlelési anyag — néhány szórványtól eltekintve — csak tizenegy évről maradt fenn. Ezek az elhajlásadatok mégis igen fontosak, mert ezekből tudjuk, hogy az elhajlásnak Budán 1795-ben volt szélső értéke. (Az 1782-től szakadásokkal 1802-ig terjedő elhajlás sorozatot a legkisebb négyzetek elvével másodfokú függvénnyel közelítettük meg. A függvény csak az 1790-es évek környékére vonatkozik.

$$D_{\text{Budapest}} = 15° + 23'55 + 7'076\ t - 0'28687\ t^2,$$

ahol t = időpont — 1781,5.

A szélső érték ezen függvény szerint 1794,8 időpontban következett be). Szórványos elhajlásadatok az 1800 utáni időből is maradtak, de folyamatos, mindhárom elemre kiterjedő észleléssorozat csak 1871-ben indult meg Budán.

A város fejlődése már 1889-ben lehetetlenné tette az obszervatórium működését, szerepét ezért 1893-ban az ógyallai obszervatórium vette át. A két obszervatórium adatsorának egységesítésénél ismerni kell a váltás időpontjában a két helyen a mágneses elemek különbségét. Sajnos a két obszervatórium párhuzamosan nem működött, úgyhogy ezt a különbséget egyes mérések adatai alapján lehet csak megállapítani. Szerencsére az 1890-es országos méréskor úgy Budapest, mint Ógyalla alappont volt, Kurländer és Ližnar többször is végeztek e pontokon mérést. Ezek a mérések a mágneses lehajlásban (I) és a vízszintes térerősségben (H) elég jól egyeznek, a mágneses elhajlásban (D) azonban Kurländer sokkal alacsonyabb értéket kapott, mint Ližnar. Erre a körülményre Tárczy-Hornoch Antal egyetemi tanár hívta fel a figyelmemet s ez volt a jelen dolgozat alapja.

A közelebbi vizsgálat azt mutatta, hogy Kurländer 1892-ben mért D értékei minden ismételt ponton (Budapesten, Ógyallán és Herényben) egységesen kb. 3'-el alacsonyabbak, mint az ugyanezeken a pontokon 1893-ban és 1894-ben mértek. Arra kell gondolni, hogy a Bécsből kapott D redukciós adatok 1892-ben hibásak voltak, annál is inkább, mert Bécsben 1894-ben a D mérésére használt mira 3'3-es azimut hibáját fedezték fel. Ha az 1892-es Kurländer D adatokat elhagyjuk, akkor a Kurländer-féle 1893—94-es mérések a Ližnar adatokkal sokkal jobban egyeznek. A felmerült bizonytalanság miatt

azonban az 1890—93 közötti szakadás áthidalását inkább a szomszédos obszervatóriumok adatai segítségével végeztük el. A budapesti és ógyallai obszervatórium közelében három másik obszervatórium dolgozott: Bécs, Póla, Prága. Az öt obszervatórium elhajlásadatait az I. sz. táblázatban közöljük. (Az 1890. évre érvényes budapesti és ógyallai adatok az 1889-es budapesti és az 1893-as ógyallai adatokból extrapoláltak, a pólai és prágai obszervatóriumok alapján. Annak a hangsúlyozására, hogy ezek az adatok nem obszervatóriumi jellegűek, csak egész perc pontossággal közöljük őket.) Ugyancsak ebben a táblázatban közöljük az említett külföldi obszervatóriumok és a budapesti, ill. ógyallai obszervatóriumok közötti különbséget. A különbségek egészen szabályosan haladnak és menetükből megállapítható, hogy 1879—80—81-es években Buda és Bécs egybehangzó adatai szerint Prága megfelelő értékeire 10° 59'6-ot, 53'5-öt és 46'9-et kellene elfogadni. Hasonlóképpen Póla, Prága, Bécs adatai szerint Budapest 1886—87. éves értékei 8° 16'9 és 11'9-re javítandók. Tovább nyomozva megállapítható, hogy Bécs 1895-től megbízhatatlan, nyilván a városi zavarok hatása miatt. Póla és Prága alapján Ógyalla 1897-es adatát 1'-el csökkentjük. Póla adata alapján javítottuk Ógyalla 1907-es adatát az 1936-os értéket pedig — az évszázados menetből való éles kiütése miatt — az 1935 és 37-es adatok középértékével helyettesítettük. Az 1919—23 és 1945—48 időközökre a hiányzó adatokat lineárisan interpoláltuk.

Az I. táblázat szerint az Ógyalla—Budapest különbség 0° 22'0. A budapesti adatokból 0° 22'0 hozzáadásával kaphatjuk meg az ógyallaiakat. Ez a különbség azonban csak az 1890-es évre vonatkozik. Ližnar szerint, 1850—90 között az elhajlás normális változása Ógyallán évenként 6'26, Budapesten pedig 6'18 volt. Az évi menetek közötti 0'08 különbség miatt az 1890-re érvényes 0° 22'0-s különbség az időben visszafelé haladva, évenként 0'08-al nő. Ezt is számításba véve, kapjuk a II. táblázatban közölt adatokat. A táblázatban az előbbiekben említett javításokat is elvégeztük.

Az adatokat érdekesen ellenőrizhetjük Schenzl Guidó 1873—74—75-ben végzett elhajlás méréseivel. Az 1875.0-ra redukált mérési eredmények rendre 9° 48', 9° 48', 9° 49'. Az évi menet Prága és Budapest adataiból számítva Ógyallán 1875—76 között —6'2 volt. Ennek a felét a mért adatok értékéből levonva, jó közelítéssel megkapjuk az Ógyalla 1875.5 értéket. Ezzel a megfontolással Schenzl három mérése szerint Ógyallán $D_{1875.5} = 9° 45{,}2'$. Schenzl azonban a müncheni obszervatórium 8—10—12—14—16—18 órás adatainak az átlagára redukálta a méréseit. Ez az átlag a mérések hónapjaiban (május—június) 1'5-el nagyobb, mint a tényleges napi közép. A napi középre való redukciónál tehát további 1'5-et kell a mérési eredményből levonni. Így a tényleges 1875·5-re vonatkozó ógyallai Schenzl adat 9° 43'7, ami igen jó egyezést mutat a második táblázat extrapolált 9° 43'1 adatával. A 79 évre terjedő sorozatban tehát öt adatot javítottunk egészen jelentéktelen módon és három szakaszban interpoláltunk 12 adatot.

I. TÁBLÁZAT

A mágneses elhajlás évszázados változása 1871-től 1910-ig

É v	I. Ógyalla	II. Budapest	III. Póla	IV. Prága	V. Bécs	VI. I—III	VII. I—IV	VIII. I—V	IX. II—III	X. II—IV	XI. II—V	XII. Ógyalla elfogadott
1871	—	9° 43,2′	—	11° 54,2′	10° 56,5′	—	—	—	—	— 2° 11,0′	— 1° 13,3′	10° 6,7′
1872	—	—	—	11° 48,1′	10° 52,0′	—	—	—	—	—	—	10° 0,3′
1873	—	9° 30,4′	—	11° 41,4′	10° 45,3′	—	—	—	—	— 2° 11,0′	— 1° 14,9′	9° 53,8′
1874	—	9° 25,1′	—	11°35,1′	10° 39,1′	—	—	—	—	— 2° 10,0′	— 1° 14,0′	9° 48,4′
1875	—	9° 19,9′	—	11° 28,9′	10° 33,2′	—	—	—	—	— 2° 9,0′	— 1° 13,3′	9° 43,1′
1876	—	9° 13,8′	—	11° 22,1′	10° 27,8′	—	—	—	—	— 2° 8,3′	— 1° 14,0′	9° 36,9′
1877	—	9° 7,5′	—	11° 14,5′	10° 21,8′	—	—	—	—	— 2° 7,0′	— 1 14,8′	9 30,5′
1878	—	9° 0,3′	—	11° 7,9′	10° 15,5′	—	—	—	—	— 2° 7,6′	— 1° 15,2′	9° 23,3′
1879	—	8° 52,8′	—	11° 1,2′	10° 7,6′	—	—	—	—	— 2° 8,4′	— 1° 14,8′	9° 15,7′
1880	—	8° 47,1′	—	10° 52,0′	10° 2,0′	—	—	—	—	— 2° 4,9′	— 1° 14,9′	9° 9,9′
1881	—	8° 40,8′	10° 58,1′	10° 47,9′	9° 56,2′	—	—	—	— 2° 17,3′	— 2° 7,1′	— 1° 15,4′	9° 3,5′
1882	—	8° 36,5′	10° 53,1′	10° 42,1′	9° 51,9′	—	—	—	— 2° 16,6′	— 2° 5,6′	— 1° 15,4′	8° 59,1′
1883	—	8° 31,6′	10° 47,6′	10° 36,1′	9° 45,1′	—	—	—	— 2° 16,0′	— 2° 4,5′	— 1° 13,5′	8° 54,2′
1884	—	8° 26,5′	10° 43,2′	10° 31,0′	9° 38,7′	—	—	—	— 2° 16,7′	— 2° 4,5′	— 1° 12,2′	8° 49,0′
1885	—	8° 21,9′	10° 38,5′	10° 25,2′	9° 34,6′	—	—	—	— 2° 16,6′	— 2° 3,3′	— 1° 12,7′	8° 44,3′
1886	—	8° 14,6′	10° 34,0′	10° 20,3′	9° 29,1′	—	—	—	— 2° 19,4′	— 2° 5,7′	—1 °14,5′	**8° 39,2′**
1887	—	8° 9,5′	10° 29,3′	10° 15,4′	9° 25,6′	—	—	—	— 2° 19,8′	— 2° 5,9′	— 1° 16,1′	**8° 34,1′**
1888	—	8° 7,4′	10° 25,3′	10° 9,0′	9° 18,5′	—	—	—	— 2° 17,9′	— 2° 1,6′	— 1° 11,1′	8° 29,6′
1889	—	8° 3,3′	10° 20,5′	10° 3,8′	9° 13,6′	—	—	—	— 2° 18,2′	— 2° 0,5′	— 1° 10,3′	8° 25,4′
1890	8° 20,0′	7° 58,0′	10° 15,2′	10° 0.4′	9° 8,6′	— 1° 55,2′	— 1° 40,4′	— 0° 48,6′	— 2° 17,2′	— 2° 2,4′	— 1° 10,6′	8° 20,0′

I. táblázat folytatása

1891	—	—	10° 10,6′	9° 54,2′	9° 5,4′	—	—	—	—	—	—	*8° 14,2′*
1892	—	—	10° 4,4′	9° 48,7′	8° 58,9′	—	—	—	—	—	—	*8° 8,4′*
1893	8° 2,5′	—	9° 58,2′	9° 42,3′	8° 53,0′	— 1° 55,7′	— 1° 39,8′	— 0° 50,5′	—	—	—	8° 2,5′
1894	7° 58,1′	—	9° 53,4′	9° 36,7′	8° 46,9′	— 1° 55,3′	— 1° 38,6′	— 0° 48,8′	—	—	—	7° 58,1′
1895	7° 52,0′	—	9° 48,7′	9° 31,5′	8° 39,3′	— 1° 56,7′	— 1° 39,5′	— 0° 47,3′	—	—	—	7° 52,0′
1896	7° 47,9′	—	9° 44,5′	9° 25,5′	8° 33,8′	— 1° 56,6′	— 1° 37,6′	— 0° 45,9′	—	—	—	7° 47,9′
1897	7° 44,3′	—	9° 40,5′	9° 21,1′	8° 28,1′	— 1° 56,2′	— 1° 36,8′	— 0° 43,8′	—	—	—	**7° 43,3′**
1898	7° 38,2′	—	9° 35,9′	9° 15,8′	8° 24,4′	— 1° 57,7′	— 1° 37,6′	— 0° 46,2′	—	—	—	7° 38,2′
1899	7° 33,9′	—	9° 31,7′	9° 11,9′	—	— 1° 57,8′	— 1° 38,0′	—	—	—	—	7° 33,9′
1900	7° 28,8′	—	9° 26,8′	9° 7,0′	—	— 1° 58,0′	— 1° 38,2′	—	—	—	—	7° 28,8′
1901	7° 23,3′	—	9° 21,9′	9° 1,7′	—	— 1° 58,6′	— 1° 38,4′	—	—	—	—	7° 23,3′
1902	7° 18,5′	—	9° 16,2′	8° 57,6′	—	— 1° 57,7′	— 1° 39,1′	—	—	—	—	7° 18,5′
1903	7° 14,0′	—	9° 10,6′	8° 53,6′	—	— 1° 56,6′	— 1° 39,6′	—	—	—	—	7° 14,0′
1904	7° 8,7′	—	9° 5,3′	8° 48,7′	—	— 1° 56,6′	— 1° 40,0′	—	—	—	—	7° 8,7′
1905	7° 3,0′	—	8° 58,8′	8° 43,3′	—	— 1° 55,8′	— 1° 40,3′	—	—	—	—	7° 3,0′
1906	6° 57,8′	—	8° 52,5′	8° 38,2′	—	— 1° 54,7′	— 1° 40,4′	—	—	—	—	6° 57,8′
1907	6° 55,4′	—	8° 46,8′	8° 31,4′	—	— 1° 51,4′	— 1° 36,0′	—	—	—	—	**6° 54,4′**
1908	6° 49,7′	—	8° 40,6′	8° 20,9′	—	— 1° 50,9′	— 1° 31,2′	—	—	—	—	6° 49,7′
1909	6° 44,0′	—	8° 33,6′	8° 15,1′	—	— 1° 49,6′	— 1° 31,1′	—	—	—	—	6° 44,0′
1910	6° 34,5′	—	8° 25,3′	8° 9,6′	—	— 1° 50,8′	— 1° 35,1′	—	—	—	—	6° 34,5′

I., II., III., IV. és V. oszlop: A mágneses elhajlás évszázados változása Ógyallán, Budapesten, Pólában, Prágában, Bécsben.
VI., VII., VIII., IX. X., és XI. oszlop: Az ógyallai, illetve budapesti és a szomszédos obszervatóriumok adatainak különbsége.
XII. oszlop: Az Ógyallára elfogadott elhajlás-sorozat.
A dűlt számmal szedett adatok interpoláltak, a kövérek javítottak. A nyugati elhajlás pozitív.

II. TÁBLÁZAT

A mágneses elhajlás évszázados menete Ógyallán, Abingerben, Oslóban

É v	I. D Ógyalla	II. D Abinger	III. D Oslo	IV. D Abinger—Ógyalla	V. D Oslo—Ógyalla	É v	I. D Ógyalla	II. D Abinger	III. D Oslo	IV. D Abinger—Ógyalla	V. D Oslo—Ógyalla
1850	12° 29,2′	22° 36,3′	17° 43,1′	10° 7,1′	5° 13,9′						
1871	10° 6,7′	19° 54,7′	14° 44,0′	9° 48,0′	4° 37,3′	1911	6° 25,3′	15° 45,8′	10° 36,7′	9° 20,5′	4° 11,4′
1872	10° 0,3′	19° 49,6′	14° 36,6′	9° 49,3′	4° 36,3′	1912	6° 17,3′	15° 37,1′	10° 30,5′	9° 19,8′	4° 13,2′
1873	9° 53,8′	19° 46,2′	14° 30,2′	9° 52,4′	4° 36,4′	1913	6° 8,4′	15° 28,0′	10° 25,0′	9° 19,6′	4° 16,6′
1874	9° 48,4′	19° 41,7′	14° 21,2′	9° 53,3′	4° 32,8′	1914	5° 59,0′	15° 19,1′	10° 17,6′	9° 20,1′	4° 18,6′
1875	9° 43,1′	19° 34,0′	14° 12,2′	9° 50,9′	4° 29,1′	1915	5° 49,3	15° 9,3′	10° 13,2′	9° 20,0′	4° 23,9′
1876	9° 36,9′	19° 21,1′	14° 3,7′	9° 44,2′	4° 26,8′	1916	5° 40,2′	14° 59,7′	10° 8,6′	9° 19,5′	4° 28,4′
1877	9° 30,5′	19° 10,0′	13° 55,4′	9° 39,5′	4° 24,9′	1917	5° 30,3′	14° 49,9′	10° 3,2′	9° 19,6′	4° 32,9′
1878	9° 23,3′	19° 2,1′	13° 47,4′	9° 38,8′	4° 24,1′	1918	5° 21,1′	14° 40,6′	9° 56,5′	9° 19,5′	4° 35,4′
1879	9° 15,7′	18° 53,3′	13° 40,1′	9° 37,6′	4° 24,4′	1919	5° 10,7′	14° 31,0′	9° 47,8′	9° 20,3′	4° 37,1′
1880	9° 9,9′	18° 45,4′	13° 32,7′	9° 35,5′	4° 22,8′	1920	5° 0,3′	14° 21,4′	9° 37,1′	9° 21,1′	3° 36,8′
1881	9° 3,5′	18° 39,9′	13° 26,0′	9° 36,4′	4° 22,5′	1921	4° 49,9′	14° 10,4′	9° 26,3′	9° 20,5′	4° 36,4′
1882	8° 59,1′	18° 35,1′	13 °18,6′	9° 36,0′	4° 19,5′	1922	4° 39,5′	13° 59,5′	9° 18,0′	9° 20,0′	4° 38,5′
1883	8° 54,2′	18° 27,8′	13° 10,5′	9° 33,6′	4° 16,3′	1923	4° 29,1′	13° 47,9′	9° 8,2′	9° 18,8′	4° 39,1′
1884	8° 49,0′	18° 20,4′	13° 4,0′	9° 31,4′	4° 15,0′	1924	4° 18,6′	13° 35,6′	8° 57,1′	9° 17,0′	4° 38,5′
1885	8° 44,3′	18° 14,5′	12° 58,2′	9° 30,2′	4° 13,9′	1925	4° 8,9′	13° 22,7′	8° 49,8′	9° 13,8′	4° 40,9′
1886	8° 39,2′	18° 7,3′	12° 52,1′	9° 28,1′	4° 12,9′	1926	3° 57,2′	13° 10,4′	8° 40,0′	9° 13,2′	4° 42,8′
1887	8° 34,1′	18° 1,9′	12° 47,2′	9° 27,8′	4° 13,1′	1927	3° 47,0′	12° 58,4′	8° 26,2′	9° 11,4′	4° 39,2′
1888	8° 29,6′	17° 53,2′	12° 43,2′	9° 23,6′	4° 13,6′	1928	3° 36,7′	12° 47,0′	8° 14,8′	9° 10,3′	4° 38,1′
1889	8° 25,4′	17° 47,7′	12° 38,8′	9° 22,3′	4° 13,4′	1929	3° 27,4′	12° 35,8′	8° 7,0′	9° 8,4′	4° 39,6′
1890	8° 20,0′	17° 41,4′	12° 33,4′	9° 21,4′	4° 13,4′	1930	3° 18,8′	12° 24,6′	7° 58,9′	9° 5,8′	4° 40,1′

II. táblázat folytatása

1891	8° 14,2′	17° 36,2′	12° 26,4′	9° 22,0′	4° 12,2′	1931	3° 10,3′	12° 13,7′	—	9° 3,4′	—
1892	8° 8,4′	17° 30,2′	12° 18,4′	9° 21,8′	4° 10,0′	1932	3° 0,9′	12° 2,6′	—	9° 1,7′	—
1893	8° 2,5′	17° 24,2′	12° 10,8′	9° 21,7′	4° 8,3′	1933	2° 51,3′	11° 51,7′	—	9° 0,4′	—
1894	7° 58,1′	17° 17,4′	12° 00,0′	9° 19,3′	4° 1,9′	1934	2° 42,5′	11° 41,1′	—	8° 58,6′	—
1895	7° 52,0′	17° 10,2′	11° 53,6′	9° 18,2′	4° 1,6′	1935	2° 32,7′	11° 30,3′	—	8° 57,6′	—
1896	7° 47,9′	17° 4,5′	11° 49,7′	9° 16,6′	4° 1,8′	1936	2° 24,8′	11° 20,0′	—	8° 55,2′	—
1897	7° 43,3′	16° 58,6′	11° 47,0′	9° 15,3′	4° 3,7′	1937	2° 16,8′	11° 10,4′	—	8° 53,6′	—
1898	7° 38,2′	16° 52,0′	11° 42,7′	9° 13,8′	4° 4,5′	1938	2° 9,0′	11° 1,4′	—	8° 52,4′	—
1899	7° 33,9′	16° 47,0′	11° 38,8′	9° 13,1′	4° 4,9′	1939	2° 2,3′	10° 51,9′	—	8° 49,6′	—
1900	7° 28,8′	16° 41,8′	11° 32,5′	9° 13,0′	4° 3,7′	1940	1° 54,5′	10° 43,0′	—	8° 48,5′	—
1901	7° 23,3′	16° 38,8′	11° 30,2′	9° 15,5′	4° 6,9′	1941	1° 47,1′	10° 33,8′	—	8° 46,7′	—
1902	7° 18,5′	16° 35,6′	11° 26,1′	9° 17,1′	4° 7,6′	1942	1° 40,4′	10° 24,8′	—	8° 44,4′	—
1903	7° 14,0′	16° 31,9′	11° 23,8′	9° 17,9′	4° 9,8′	1943	1° 33,4′	10° 16,2′	—	8° 42,8′	—
1904	7° 8,7′	16° 27,8′	11° 17,8′	9° 19,1′	4° 9,1′	1944	1° 26,3′	10° 7,8′	—	8° 41,5′	—
1905	7° 3,0′	16° 22,7′	11° 13,8′	9° 19,7′	4° 10,8′	1945	1° 19,3′	9° 59,5′	—	8° 40,2′	—
1906	6° 57,8′	16° 16,4′	11° 9,5′	9° 18,6′	4° 11,7′	1946	1° 12,3′	9° 51,1′	—	8° 38,8′	—
1907	6° 54,4′	16° 12,6′	11° 2,8′	9° 18,2′	4° 8,4′	1947	1° 5,3′				
1908	6° 49,7′	16° 6,4′	10° 57,6′	9° 16,7′	4° 7,9′	1948	0° 58,4′				
1909	6° 44,0′	16° 0,4′	10° 53,2′	9° 16,4′	4° 9,2′	1949	0° 51,5′				
1910	6° 34,5′	15° 54,0′	10° 44,2′	9° 19,5′	4° 9,7′						

I., II., III. oszlop: A mágneses elhajlás évszázados menete Ógyallán, Abingerben, Oslóban.
IV., V. oszlop: A mágneses elhajlás különbségei. (Abinger—Ógyalla, Osló—Ógyalla értelemben). A nyugati elhajlás pozitív.

III. TÁBLÁZAT

A mágneses elhajlás (D) évszázados változása az Ógyallai és Abingeri obszervatóriumokban

Év	I. D Ógyalla mért	II. D Ógyalla számított	III. D Abinger mért	IV. D Abinger számított	V. ΔD Ógyalla	VI. ΔD Abinger	Év	I. D Ógyalla mért	II. D Ógyalla számított	III. D Abinger mért	IV. D Abinger számított	V. ΔD Ógyalla	VI. ΔD Abinger
1841	—	—	23° 29,0′	23° 55,9′	—	+ 26,9′	1896	7° 47,9′	7° 53,7′	17° 4,5′	17° 14.2′	+ 5,8′	+ 9,7′
1842	—	—	23° 27,4′	23° 46,4′	—	+ 19,0′	1897	7° 43,3′	7° 47,4′	16° 58,6′	17° 7,4′	+ 4,1′	+ 8,8′
1843	—	—	23° 24,5′	23° 37,0′	—	+ 12,5′	1898	7° 38,2′	7° 41,8′	16° 52,0′	17° 0,6′	+ 2,8′	+ 8,6′
1844	—	—	23° 28,1′	23° 27,8′	—	— 0,3′	1899	7° 33,9′	7° 34,6′	16° 47,0′	16° 53,7′	+ 0,7′	+ 6,7′
1845	—	—	23° 9,5′	23° 18,7′	—	+ 9,2′	1900	7° 28,8′	7° 28,0′	16° 41,8′	16° 46,8′	— 0,8′	+ 4,1′
1846	—	—	23° 2,4′	23° 9,7′	—	+ 7,3′	1901	7° 23,3′	7° 21,3′	16° 38,8′	16° 39,8′	— 2,0′	+ 1,0′
1847	—	—	23° 4,1′	23° 0,9′	—	— 3,2′	1902	7° 18,5′	7° 14,5′	16° 35,6′	16° 32,8′	— 4,0′	— 2,8′
1848	—	—	23° 4,6′	22° 52,2′	—	— 12,4′	1903	7° 14,0′	7° 7,6′	16° 31,9′	16° 25,7′	— 6,4′	— 6,2′
1849	—	—	22° 50,6′	22° 43,6′	—	— 7,0′	1904	7° 8,7′	7° 0,6′	16° 27,8′	16° 17,5′	— 8,1′	— 9,3′
1850	—	—	22° 36,3′	22° 35,2′	—	— 1,1′	1905	7° 3,0′	6° 53,6′	16° 22,7′	16° 11,2′	— 9,4′	— 11,5′
1851	—	—	22° 31,1′	22° 26,8′	—	— 4,3′	1906	6° 57,8′	6° 46,4′	16° 16,4′	16° 3,9′	— 10,4′	— 12,5′
1852	—	—	22° 30,7′	22° 18,6′	—	— 12,1′	1907	6° 54,4′	6° 39,1′	16° 12,6′	15° 56,5′	— 15,3′	— 16,0′
1853	—	—	22° 22,9′	22° 10,4′	—	— 12,5′	1908	6° 49,7′	6° 31,8′	16° 6,4′	15° 49,1′	— 17,9′	— 17,3′
1854	—	—	22° 13,6′	22° 2,4′	—	— 11,2′	1909	6° 44,0′	6° 24,3′	16° 0,4′	15° 41,5′	— 16,7′	— 18,9′
1855	—	—	22° 1,2′	21° 54,5′	—	— 6,7′	1910	6° 34,5′	6° 16,8′	15° 54,0′	15° 33,8′	— 17,7′	— 20,2′
1856	—	—	21° 56,3′	21° 46,7′	—	— 9,6′	1911	6° 25,3′	6° 9,2′	15° 45,8′	15° 26,1′	— 16,1′	— 19,7′
1857	—	—	21° 48,2′	21° 38,9′	—	— 9,3′	1912	6° 17,3′	6° 1,5′	15° 37,1′	15° 18,3′	— 15,8′	— 18,8′
1858	—	—	21° 43,1′	21° 31,3′	—	— 11,8′	1913	6° 8.4′	5° 53,7′	15° 28,0′	15° 10,4′	— 14,7′	— 17,6′
1859	—	—	21° 36,3′	21° 23,7′	—	— 12,6′	1914	5° 59,0′	5° 45,8′	15° 19,1′	15° 2,3′	— 13,2′	— 16,7′
1860	—	—	21° 27,1′	21° 16,2′	—	— 10,9′	1915	5° 49,3′	5° 37,9′	15° 9,3′	14° 54,2′	— 11,4′	— 15,1′
1861	—	—	21° 18,3′	21° 8,9′	—	— 9,4′	1916	5° 40,2′	5° 29,8′	14° 59,7′	14° 46,0′	— 10,4′	— 13,7′
1862	—	—	21° 5,5′	21° 1,6′	—	— 3,9′	1917	5° 30,3′	5° 21,8′	14° 49,9′	14° 37,6′	— 8,5′	— 12,3′
1863	—	—	20° 58,7′	20° 54,3′	—	— 4,4′	1918	5° 21,1′	5° 13,6′	14° 40,6′	14° 29,1′	— 7,5′	— 11,5′
1864	—	—	20° 52,7′	20° 47,1′	—	— 5,6′	1919	5° 10,7′	5° 5,4′	14° 31,0′	14° 20,5′	— 5,3′	— 10,5′
1865	—	—	20° 46,7	20° 40,0′	—	— 6,7′	1920	5° 0,3′	4° 57,1′	14° 21,4′	14° 11,9′	— 3,2′	— 9,5′
1866	—	—	20° 40,8′	20° 33,0′	—	— 7,8′	1921	4° 49,9′	4° 48,7′	14° 10,4′	14° 3,0′	— 1,2′	— 7,4′
1867	—	—	20° 33,3′	20° 26,0′	—	— 7,3′	1922	4° 39,5′	4° 40,3′	13° 59,5′	13° 54,1′	+ 0,6′	— 5,4′
1868	—	—	20° 25,9′	20° 19,1′	—	— 6,8′	1923	4° 29,1′	4° 31,8′	13° 47,9′	13° 45,0′	+ 2,7′	— 2,9′
1869	—	—	20° 16,9′	20° 12,2′	—	— 4,7′	1924	4° 18,6′	4° 23,2′	13° 35,6′	13° 35,7′	+ 4,6′	+ 0,1′
1870	—	—	20° 5,8′	20° 5,4′	—	— 0,4′	1925	4° 8,9′	4° 14,6′	13° 22,7′	13° 26,4′	+ 5,7′	+ 3,7′

III. táblázat folytatása

1871	10° 6,7′	9° 48,9′	19° 54,7′	19° 58,6′	— 17,8′	+ 3,9′	1926	3° 57,2′	4° 5,9′	13° 10,4′	13° 16,9′	+ 8,7′	+ 6,5′
1872	10° 0,3′	9° 46,0′	19° 49,6′	19° 51,9′	— 14,3′	+ 2,3′	1927	3° 47,0′	3° 57,2′	12° 58,4′	13° 7,2′	+ 10,2′	+ 8,8′
1873	9° 53,8′	9° 42,9	19° 46,2′	19° 45,2′	— 10,9′	— 1,0′	1928	3° 36,7′	3° 48,4′	12° 47,0′	12° 57,4′	+ 11,7′	+ 10,4′
1874	9° 48,4′	9° 39,7′	19° 41,7′	19° 38,5′	— 8,7′	— 3,2′	1929	3° 27,4′	3° 39,6′	12° 35,8′	12° 47,5′	+ 12,2′	+ 11,7′
1875	9° 43,1′	9° 36,4′	19° 34,0′	19° 31,9′	— 6,7′	— 2,1′	1930	3° 18,8′	3° 30,7′	12° 24,6′	12° 37,4′	+ 11,9′	+ 12,8′
1876	9° 36,9′	9° 32,8′	19° 21,1′	19° 25,5′	— 4,1′	+ 4,4′	1931	3° 10,3′	3° 21,8′	12° 13,7′	12° 27,1′	+ 11,5′	+ 13,4′
1877	9° 30,5′	9° 29,2′	19° 10,0′	19° 18,7′	— 1,3′	+ 8,7′	1932	3° 0,9′	3° 12,8′	12° 2,6′	12° 16,7′	+ 11,9′	+ 14,1′
1878	9° 23,3′	9° 25,4′	19° 2,1′	19° 12,2′	+ 2,1′	+ 10,1′	1933	2° 51,3′	3° 3,8′	11° 51,7′	12° 6,1′	+ 12,5′	+ 14,4′
1879	9° 15,7′	9° 21.4′	18° 53,3′	19° 5,7′	+ 5,7′	+ 12,4′	1934	2° 42,5′	2° 54,7′	11° 41,1′	11° 55,3′	+ 12,2′	+ 14,2′
1880	9° 9,9′	9° 17,3′	18° 45,4′	18° 59,1′	+ 7,4′	+ 13,7′	1935	2° 32,7′	2° 45,6′	11° 30,3′	11° 44,4′	+ 12,9′	+ 14,1′
1881	9° 3,5′	9° 14,1′	18° 39,9′	18° 52,6′	+ 9,6′	+ 12,7′	1936	2° 24,8′	2° 36,5′	11° 20,0′	11° 33,3′	+ 11,7′	+ 13,3′
1882	8° 59,1′	9° 8,7′	18° 35,1′	18° 46,1′	+ 9,6′	+ 11,0′	1937	2° 16,8′	2° 27,3′	11° 10,4′	11° 22,0′	+ 10,5′	+ 11,6′
1883	8° 54,2′	9° 4,2′	18° 27,8′	18° 39,6′	+ 10,0′	+ 11,8′	1938	2° 9,0′	2° 18,1′	11° 1,4′	11° 10,5′	+ 9,1′	+ 9,1′
1884	8° 49,0′	8° 59,5′	18° 20,4′	18° 33,2′	+ 10,5′	+ 12,8′	1939	2° 2,3′	2° 8,8′	10° 51,9′	10° 58,8′	+ 6,5′	+ 6,9′
1885	8° 44,3′	8° 54,7′	18° 14,5′	18° 26,7′	+ 10,4′	+ 12,2′	1940	1° 54,5′	1° 59,6′	10° 43,0′	10° 47,0′	+ 5,1′	+ 4,0′
1886	8° 39,2′	8° 49,8′	18° 7,3′	18° 20,2′	+ 10,6′	+ 12,9′	1941	1° 47,1′	1° 50,3′	10° 33,8′	10° 34,9′	+ 3,2′	+ 1,1′
1887	8° 34,1′	8° 44 7′	18° 1,9′	18° 13,7′	+ 10,6′	+ 11,8′	1942	1° 40,4′	1° 40,9′	10° 24,8′	10° 22,7′	+ 0,5′	— 2,1′
1888	8° 29,6′	8° 39,5′	17° 53,2′	18° 7,2′	+ 9,9′	+ 14,0′	1943	1° 33,4′	1° 31,6′	10° 16,2′	10° 12,2′	— 1,8′	— 4 0′
1889	8° 25,4′	8° 34,2′	17° 47,7′	18° 0,6′	+ 8,8′	+ 12,9′	1944	1° 26,3′	1° 22,2′	10° 7,8′	9° 57,6′	— 4,1′	— 10,2′
1890	8° 20,0′	8° 28,8′	17° 41,4′	17° 54,1′	+ 8,8′	+ 12,7′	1945	1° 19,3′	1° 12,8′	9° 59,5′	9° 44,7′	— 6,5′	— 14,8′
1891	8° 14,2′	8° 23,2′	17° 36,2′	17° 47,5′	+ 9,0′	+ 11,3′	1946	1° 12,3′	1° 3,4′	9° 51,1′	9° 31,7′	— 8,9′	— 19,4′
1892	8° 8,4′	8° 17,6′	17° 30,2′	17° 40,9′	+ 9,2′	+ 10,7′	1947	1° 5,3′	0° 53,9′	—	—	— 11,4′	—
1893	8° 2,5′	8° 11,8′	17° 24,2′	17° 34,3′	+ 9,3′	+ 10,1′	1948	0° 58,4′	0° 44,5′	—	—	— 13,9′	—
1894	7° 58,1′	8° 5,8′	17° 17,4′	17° 27,6′	+ 7,7′	+ 10,2′	1949	0° 51,5′	0° 35,0′	—	—	— 16,5′	—
1895	7° 52,0′	7° 59,8′	17° 10,2′	17° 20,9′	+ 7,8′	+ 10,7′	1950	—	—	—	—	—	—

I., III. oszlop: A mágneses elhajlás (D) évszázados változása az Ógyallai—Abingeri obszervatóriumokban.
II., IV. oszlop: A harmadfokú normálegyenletből számított normális (D) menet.
V., VI. oszlop: A mért és számított (D) értékek különbsége.
A nyugati elhajlás pozitív.

IV. TÁBLÁZAT

A mágneses elhajlás (D) évszázados változása az Oslói és Slutzki obszervatóriumokban

Év	I. D Oslo mért	II. D Oslo számított	III. D Slutzk mért	IV. D Slutzk számított	V. ΔD Oslo	VI. ΔD Slutzk	Év	I. D Oslo mért	II. D Oslo számított	III. D Slutzk mért	IV. D Slutzk számított	V. ΔD Oslo	VI. ΔD Slutzk
							1891	12° 26,4′	12° 31,6′	+ 0° 6,7′	+ 0° 7,2′	+ 5,2′	+ 0,4′
							1892	12° 18,4′	12° 25,4′	+ 0° 1,0′	+ 0° 2,0′	+ 7,0′	+ 1,0′
1843	18° 34,7′	18° 56,0′	—	—	+ 21,3′	—	1893	12° 10,8′	12° 19,2′	− 0° 4,4′	− 0° 3,1′	+ 8,4′	+ 1,3′
1844	18° 28,0′	18° 45,0′	—	—	+ 17,0′	—	1894	12° 00,0′	12° 13,1′	− 0° 10,5′	− 0° 8,2′	+ 13,1′	+ 2,3′
1845	18° 21,4′	18° 34,1′	—	—	+ 12,7′	—	1895	11° 53,6′	12° 7,0′	− 0° 15,7′	− 0° 13,5′	+ 13,4′	+ 2,3′
1846	18° 13,0′	18° 23,5′	—	—	+ 10,5′	—	1896	11° 49,7′	12° 0,9′	− 0° 21,3′	− 0° 18,7′	+ 11,2′	+ 2,8′
1847	18° 6,1′	18° 13,0′	—	—	+ 6,9′	—	1897	11° 47,0′	11° 57,8′	− 0° 25,6′	− 0° 24,0′	+ 10,8′	+ 1,6′
1848	17° 58,5′	18° 2,6′	—	—	+ 4,1′	—	1898	11° 42,7′	11° 48,7′	− 0° 30,4′	− 0° 29,4′	+ 6,0′	+ 1,0′
1849	17° 50,5′	17° 52,5′	—	—	+ 2,0′	—	1899	11° 38,8′	11° 42,6′	− 0° 34,1′	− 0° 34,7′	+ 3,8′	− 0,6′
1850	17° 43.1′	17° 42,5′	—	—	− 0,6′	—	1900	11° 32,5′	11° 36,5′	− 0° 37,6′	− 0° 40,1′	+ 4,0′	− 2,4′
1851	17° 34,7′	17° 32,7′	—	—	− 2,0′	—	1901	11° 30,2′	11° 30,5′	− 0° 41,9′	− 0° 45,6′	+ 0,3′	− 3,7′
1852	17° 28,2′	17° 23,0′	—	—	− 5,2′	—	1902	11° 26,1′	11° 24,3′	− 0° 45,9′	− 0° 51,1′	− 1,8′	− 5,2′
1853	17° 22,3′	17° 13,4′	—	—	− 8,9′	—	1903	11° 23,8′	11° 18,2′	− 0° 50,6′	− 0° 56,7′	− 5,6′	− 6,0′
1854	17° 14,4′	17° 4,0′	—	—	− 10,4′	—	1904	11° 17,8′	11° 12,0′	− 0° 55,1′	− 1° 2,3′	− 5,8′	− 7,2′
1855	17° 4,6′	16° 54,8′	—	—	− 9,8′	—	1905	11° 13,8′	11° 5,9′	− 0° 59,8′	− 1° 8,0′	− 7,9′	− 7,2′
1856	16° 56,5′	16° 45,7′	—	—	− 10,8′	—	1906	11° 9,5′	10° 59,7′	− 1° 4,2′	− 1° 13,7′	− 9,8′	− 9,5′
1857	16° 49,3′	16° 36,8′	—	—	− 12,5′	—	1907	11° 2,8′	10° 53,5′	− 1° 9,9′	− 1° 19,5′	− 9,3′	− 9,6′
1858	16° 40,6′	16° 27,9′	—	—	− 12,6′	—	1908	10° 57,6′	10° 47,2′	− 1° 15,6′	− 1° 25,4′	− 10,4′	− 9,8′
1859	16° 32,3′	16° 19,3′	—	—	− 13,0′	—	1909	10° 53,2′	10° 41,0′	− 1° 23,0′	− 1° 31,3′	− 12,2′	− 8,3′
1860	16° 24,0′	16° 10,7′	—	—	− 13,3′	—	1910	10° 44,2′	10° 34,6′	− 1° 30,0′	− 1° 37,3′	− 9,6′	− 7,3′
1861	16° 15,4′	16° 2,3′	—	—	− 13,1′	—	1911	10° 36,7′	10° 28,3′	− 1° 37,2′	− 1° 43,4′	− 8,4′	− 6,2′
1862	16° 8,5′	15° 54,0′	—	—	− 14,5′	—	1912	10° 30,5′	10° 21,9′	− 1° 44,2′	− 1° 49,6′	− 8,6′	− 5,3′
1863	15° 56,7′	15° 45,8′	—	—	− 10,9′	—	1913	10° 25,0′	10° 15,5′	− 1° 51,7′	− 1° 55,8′	− 9,5′	− 4,1′
1864	15° 47,2′	15° 37,7′	—	—	− 9,5′	—	1914	10° 17,6′	10° 9,0′	− 1° 59,5′	− 2° 2,1′	− 8,6′	− 2,6′
1865	15° 37,8′	15° 29,7′	—	—	− 8,1′	—	1915	10° 13,2′	10° 2,4′	− 2° 6,8′	− 2° 8,5′	− 10,8′	− 1,7′

IV. táblázat folytatása

1866	15° 27,6′	15° 21,9′	—	—	— 5,7′	—	1916	10° 8,6′	9° 55,8′	— 2° 14,2′	— 2° 15,0′	— 12,8′	— 0,8′
1867	15° 17,9′	15° 14,2′	—	—	— 3,7′	—	1917	10° 3,2′	9° 48,2′	— 2° 20,9′	— 2° 21,6′	— 14,0′	— 0,7′
1868	15° 8,6′	15° 6,5′	—	—	— 2,1′	—	1918	9° 56,5′	9° 42,5′	— 2° 27,8′	— 2° 28,2′	— 14,0′	— 0,4′
1869	15° 0,3′	14° 59,0′	+ 2° 15,0′	+ 1° 56,9′	— 1,3′	— 18,1′	1919	9° 47,8′	9° 35,7′	— 2° 35,2′	— 2° 35,0′	— 12,1′	+ 0,3′
1870	14° 51,5′	14° 51 5′	+ 1° 57,9′	+ 1° 51,9′	0,0′	— 6,0′	1920	9° 37,1′	9° 28,8′	— 2° 42,7′	— 2° 41,8′	— 8,7′	+ 0,9′
1871	14° 44,0′	14° 44,2′	+ 1° 50,2′	+ 1° 46,8′	+ 0,2′	— 3,4′	1921	9° 26,3′	9° 21,9′	— 2° 50,6′	— 2° 48,7′	— 4,4′	+ 1,9′
1872	14° 36,6′	14° 36,9′	+ 1° 43,4′	+ 1° 41,8′	+ 0,3′	— 1,6′	1922	9° 18,0′	9° 14,9′	— 2° 58,9′	— 2° 55,2′	— 3,1′	+ 3,7′
1873	14° 30,2′	14° 29,7′	+ 1° 37,3′	— 1° 36,8′	— 0,5′	— 0,5′	1923	9° 8,2′	9° 7,8′	— 3° 7,1′	— 3° 2,9′	— 0,4′	+ 4,2′
1874	14° 21,2′	14° 22,6′	+ 1° 31,2′	+ 1° 31,9′	+ 1,4′	+ 0,6′	1924	8° 57,1′	9° 0,7′	— 3° 16,1′	— 3° 10,1′	+ 3,6′	+ 6,0′
1875	14° 12,2′	14° 15,6′	+ 1° 25,0′	+ 1° 26,9′	+ 3,4′	+ 1,9′	1925	8° 49,8′	8° 53,4′	— 3° 25,3′	— 3° 17,4′	+ 3,6′	+ 7,9′
1876	14° 3,7′	14° 8,7′	+ 1° 19,0′	+ 1° 21,9′	+ 5,0′	+ 2,9′	1926	8° 40,0′	8° 46,1′	— 3° 34,7′	— 3° 24,9′	+ 6,1′	+ 9,8′
1877	13° 55,4′	14° 1,8′	+ 1° 13,3′	+ 1° 17,0′	+ 6,4′	+ 3,6′	1927	8° 26,2′	8° 38,6′	— 3° 42,6′	— 3° 32,4′	+ 12,4′	+ 10,2′
1878	13° 47,4′	13° 55,0′	+ 1° 7,7′	+ 1° 12,0′	+ 7,6′	+ 4,3′	1928	8° 14,8′	8° 31,1′	— 3° 50,2′	— 3° 40,1′	+ 16,3′	+ 10,1′
1879	13° 40,1′	13° 48,3′	+ 1° 2,3′	+ 1° 7,1′	+ 8,2′	+ 4,8′	1929	8° 7 0′	8° 23,5′	— 3° 57,4′	— 3° 47,9′	+ 16,5′	+ 9,5′
1880	13° 32,7′	13° 41,6′	+ 0° 56,8′	+ 1° 2,2′	+ 8,9′	+ 5,3′	1930	7° 58,9′	8° 15,8′	— 4° 4,5′	— 3° 55,7′	+ 16,9′	+ 8,7′
1881	13° 26,0′	13° 35,0′	+ 0° 51,6′	+ 0° 57,2′	+ 9,0′	+ 5,6′	1931	—	—	— 4° 10,1′	— 4° 3,8′	—	+ 6,3′
1882	13° 18,6′	13° 28,5′	+ 0° 46,3′	+ 0° 52,3′	+ 9,9′	+ 5,9′	1932	—	—	— 4° 17,1′	— 4° 11,9′	—	+ 5,2′
1883	13° 10,5′	13° 22,0′	+ 0° 41,5′	+ 0° 47,3′	+ 11,5′	+ 5,8′	1933	—	—	— 4° 24,1′	— 4° 20,1′	—	+ 4,0′
1884	13° 4,0′	13° 15,6′	+ 0° 36,8′	+ 0° 42,4′	+ 11,6′	+ 5,5′	1934	—	—	— 4° 30,5′	— 4° 28 5′	—	+ 2,0′
1885	12° 58,2′	13° 9,2′	+ 0° 32,4′	+ 0° 37,4′	+ 10,0′	+ 5,0′	1935	—	—	— 4° 38,4′	— 4° 37,0′	—	+ 1,4′
1886	12° 52,1′	13° 2,8′	+ 0° 28,1′	+ 0° 32,4′	+ 10,7′	+ 4,3′	1936	—	—	— 4° 45,6′	— 4° 45 7′	—	— 0,1′
1887	12° 47,2′	12° 56,5′	+ 0° 24,0′	+ 0° 27,4′	+ 9,3′	+ 3,4′	1937	—	—	— 4° 51,9′	— 4° 54,4′	—	— 2,5′
1888	12° 43,2′	12° 50,2′	+ 0° 20,1′	+ 0° 22,4′	+ 7,0′	+ 2,2′	1938	—	—	— 4° 58,7′	— 5° 3 3′	—	— 4,6′
1889	12° 38,8′	12° 44,0′	+ 0° 16,4′	+ 0° 17,3′	+ 5,2′	+ 0,9′	1939	—	—	— 5° 4 8′	— 5° 12,4′	—	— 7 6′
1890	12° 33,4′	12° 37,7′	+ 0° 12,1′	+ 0° 12,3′	+ 4,3′	+ 0,2′	1940	—	—	— 5° 11,7′	— 5° 21,6′	—	— 9,9′
	—	—	—	—	—	—	1941	—	—	— 5° 18,2′	— 5° 30,9′	—	— 12,7′

I., III. oszlop: A mágneses elhajlás (D) évszázados változása az Oslói és Slutzki obszervatóriumokban.
II., IV. oszlop: A harmadfokú normálegyenletből számított normális (D) menet.
V., VI. oszlop: A mért és számított (D) értékek különbsége.
A nyugati elhajlás pozitív.

A külföldi obszervatóriumokkal való teljes összhang és a Schenzl-mérés tanusítja, hogy a budapesti és ógyallai obszervatóriumok adataiból Ógyallára kapott sorozat homogén és további vizsgálatoknak vethető alá. A vizsgálat első lépéseként a legkisebb négyzetek elve alkalmazásával előállítottuk az ógyallai mágneses elhajlást, mint az idő harmadfokú hatványfüggvényét.

$$D_{\text{Ógyalla}} = 591'64 - 2'6620\ t - 0'08030\ t^2 + 0'00031406\ t^3 \qquad 1.$$

ahol t = időpont — 1870.5.

A számításra a II. táblázatban közölt ógyallai adatokat 1871-től 1949-ig használtuk fel.

A harmadfokú hatványfüggvényről ebben az esetben feltételezhető, hogy az egy igen nagy periódusú szinusz-hullám része. Ha a számított elméleti értékeket az észlelt adatokból levonjuk, a maradék soron bizonyos szabályosságokat észlelhetünk.

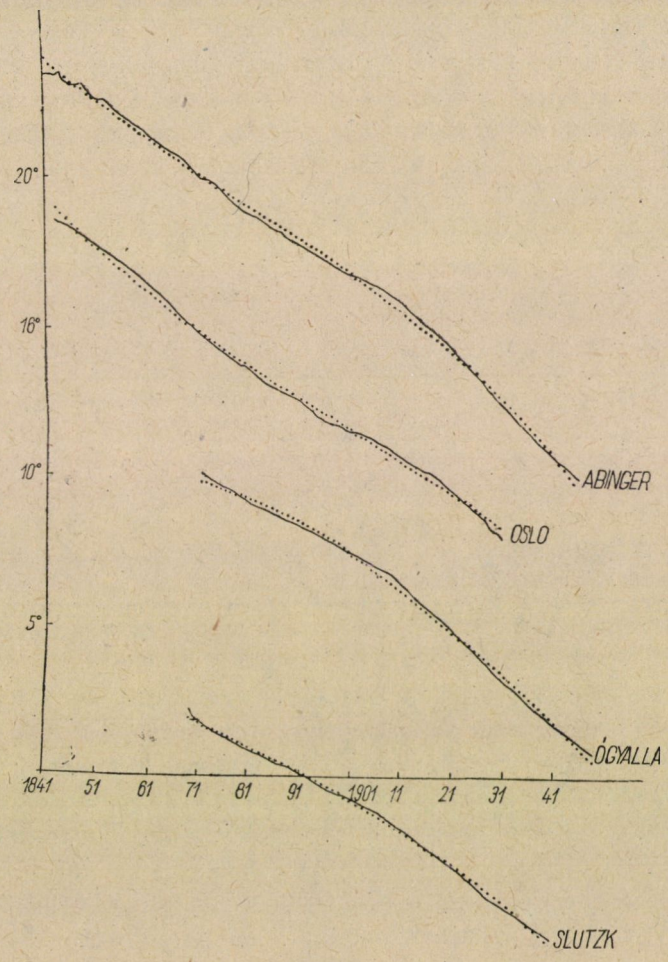
A mért adat a számítottnál 1871-től 77-ig nagyobb, 1878-tól 1899-ig kisebb, 1900-tól 1921-ig nagyobb, 1922-től 42-ig kisebb és 1943-tól 49-ig ismét nagyobb. A harmadfokú közelítéssel képviselt nagy periódusú hullámra tehát rárakódik egy igen szabályos, kb. 44 éves periódusú ~15' amplitudójú hullám. Ez a hullám úgylátszik összefügg a napfolt-periódussal, egy hullám időtartama ugyanis 4 napfoltgyakorisági hullám idejével egyenlő. A hullám 0 helyei pedig minden második napfoltminimummal esnek egybe.

A harmadfokú közelítés bizonyos önkényt jelent. Az (1) alatti egyenletből azonban könnyen kiszámítható, hogy a mágneses elhajlás görbéjének 1955.7-ben lesz inflexiós pontja. Az inflexiós pont környezetében pedig a szinuszgörbét jó közelítéssel helyettesíthetjük harmadfokú hatvány-görbével. A rendelkezésemre álló irodalomban a mágneses elemek évszázados változásának a napfoltok relatív számától való függését megemlítik azzal, hogy az 10-es átlagképzéssel kiküszöbölhető. A valóság ezzel szemben az, hogy az évszázados menet görbéjére egy 44 éves (4 napfolt periódusú) hullám szuperponálódik és ez a hullám 10 éves átlagok képzésével nem szűrhető ki. A hullám amplitudója sokszorosa a mérési hibahatárnak, realitása ezért kétségtelen.

A 44 év periódusú hullám további vizsgálatára néhány külföldi obszervatórium adataival is elvégeztük a vázolt számítást. A hullám az európai obszervatóriumok adatainak a menetében egészen hasonló amplitudóval és periódussal jelentkezik. (Abinger, Osló, Slutzk). Az abingeri és oslói obszervatóriumok mintegy 30 évvel korábbról is rendelkeznek adatokkal. Ezen adatok alapján 1841-ig követhetjük a kérdéses hullámot. Az első adatokban még érezhetők mérési bizonytalanságok és a kezdő obszervatóriumok nehézségei. (III—IV. táblázatok).

Az oslói hullám szélső értékei helyén a menetnek határozott horpadása látszik. A többi obszervatóriumok görbéin ennek a horpadásnak csak a nyomait

ismerhetjük fel. Kétségkívül Osló északi fekvése okozza, hogy ez a jelenség erősebben lép fel ott, mint a többi helyeken. A horpadás valószínűleg az egyszerű napfolthullám nyoma.



1. ábra

A mágneses elhajlás évszázados menete, az abingeri, oslói, ógyallai és slutzki obszervatóriumokban (a kihúzott görbe a mért, a pontozott a számított menet)

Az abingeri, oslói, slutzki obszervatóriumok mágneses elhajlás adataiból számított normálfüggvények a következők:

$$D_{\text{Abinger}} = 1445'51 - 9'7220\ t + 0'074362\ t^2 - 0'00056996\ t^3,$$

ahol t = időpont — 1840.5

$$D_{\text{Osló}} = 1147'20 - 11'2972\ t + 0'092800\ t^2 - 0'00055167\ t^3.$$

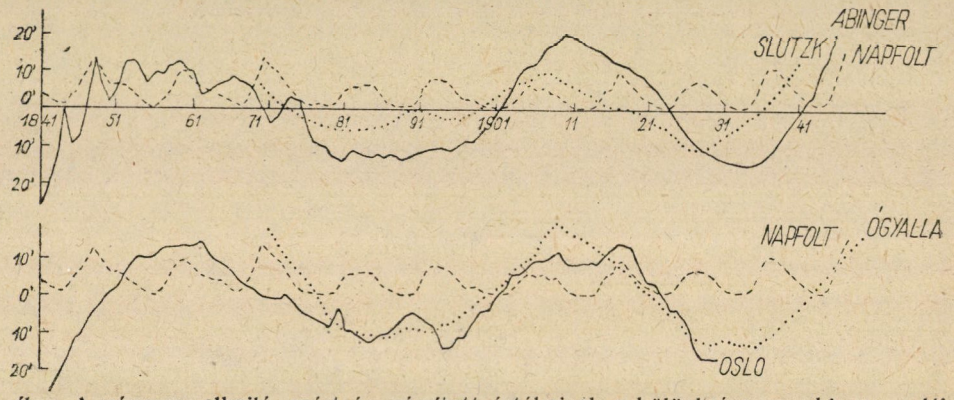
ahol t = időpont — 1842.5

$$D_{\text{Slutzk}} = 121'99 - 5'0875\ t + 0'013153\ t^2 - 0'00038967\ t^3,$$

ahol t = időpont — 1868.5.

A felhasznált abingeri adatsor 1841.5-től 1946.5-ig, az oslói 1843.5-től 1930.5-ig és a slutzki 1869.5-től 1941.5-ig terjed.

A mágneses elhajlás évszázados változását és normális menetét a tárgyalt obszervatóriumokban az I. ábrán, a 44 éves periódusú elhajlás hullámot és a 11 éves napfolt-periódust a 2. ábrán szemléltetjük. A számításokban mindenütt évközepi értékeket használtunk és a nyugati elhajlást vettük pozitívnak.



2. ábra. A mágneses elhajlás mért és számított értékeinek a különbsége, az abinger, oslói, ógyallai és slutzki obszervatóriumokban és a napfoltgyakorisági hullám

Néhány ázsiai obszervatórium adatait is megvizsgáltuk. (Alibag, Zó-Sé, Zuy). Itt az évszázados menet sokkal kisebb, mint Európában, a szuperponált hullám sem jelentkezik olyan határozottan. A kérdésnek az egész világra vonatkozó tanulmányozását nagyon megnehezíti a hosszú mágneses sorozatok hiánya.

Közelfekvő a gondolat, hogy a jelenségnek a többi mágneses elemben is jelentkeznie kell. A nehézségek itt még fokozódnak, mert a mágneses lehajlás és vízszintes térerősség-sorozatok rövidebbek és a mérési nehézségek miatt a multban kevésbbé megbízhatóak, mint az elhajlás sorozatok.

Vizsgáljuk meg először az Ógyalla—Budapest közötti I és H különbségeket. Steiner szerint 1890-ben Budapesten 24'-el kisebb a lehajlás és 236 γ-val nagyobb a vízszintes térerősség, mint Ógyallán. Ezek az adatok tévesek, mert Steiner csak a normáltér különbségeket vette figyelembe, Ógyalla és Budapest helyi anomáliáját nem. Az 1890-es Kurländer és Ližnar mérések elég jól egyeznek, ezek alapján Budapesten 0° 19'8-vel kisebb volt a lehajlás és 215 γ-val nagyobb a vízszintes összetevő, mint Ógyallán. Az 1850-es országos mérés I és H mérései nem olyan pontosak, hogy Budapest—Ógyalla viszonylatban az évszázados menet különbségeit meg lehetne állapítani. Ezért ezeket a különbségeket 1871-ig állandóaknak vesszük. A budapesti I adatokhoz tehát hozzáadunk 19'8-et és a H adatokból levonunk 215 γ-t. Az V. és VI. táblázatokban az 1850.5 adatot

az 1850.0-ra redukált Kreil mérés Ližnar által közölt normálegyenletéből, az 1890-es mérés idején mért és változatlannak tekintett lokális anomáliából számíthatjuk. Tekintetbe vesszük azonkívül az évszázados menet fél évre eső részét is, amelyet az 1850-es és 1871-es adatok segítségével állapítottunk meg. Ezzel a gondolatmenettel Ógyallán az 1850.5 évi I és H adatot így kapjuk:

$$I_{1850.5} = 63° 51'2 - 2'4 - 1'0 = 63° 47'8$$
$$H_{1850.5} = 20226 + 24 + 9 = 20259\,\gamma$$

Az ógyallai 1890.5 adatot az egyesített Kurländer—Ližnar mérések eredményéből a félévre eső évszázados változás számításbavételével kapjuk:

$$I_{1890.5} = 62° 48'1 - 0'5 = 62° 47'6$$
$$H_{1850.5} = 20964 + 8 = 20672\,\gamma.$$

Mivel az I és H sorozatok sokkal szakadozottabbak, mint a D sorozat, az interpolációt nagyobb óvatossággal kell végeznünk. A hiányzó tagokat Pólából interpoláltuk úgy, hogy az interpolált időszak előtti és utáni év Ógyalla—Póla különbségét képeztük és feltételeztük, hogy ez a különbség az idők folyamán egyenletesen változott. Az így kapott interpolált különbségeket a megfelelő pólai adatokhoz adva kaptuk meg az interpolált ógyallai I és H adatokat.

Az 1882-es és 1896-os I adatokat kiütő voltuk miatt interpoláltakkal helyettesítettük.

Nagyobb nehézségeket okozott a vízszintes térerősség, mert annak a mérése a multban kevésbbé volt megbízható. Főleg a mérésre használt teodolit állandója és a műszerek hőérzékenysége okoz itt sok nehézséget. Ha a H sorozatot a prágai és abingeri sorozatokkal összehasonlítjuk, akkor a különbségek sorozatában 1882—83 és 1880—81 adatok közt ugrást észlelhetünk, úgy Prágához, mint Abingerhez viszonyítva. A közelebb eső prágai obszervatórium menetét véve irányadónak, az 1882-es és 1881-es adatot 56 γ-val csökkentjük. Az 1880-tól 1871-ig terjedő sorozat minden tagjából pedig 139 γ-t vonunk le. Ezzel a két feltünő ugrást a sorozatban kiküszöböltük. Az ugrás oka valószínűleg tekintetbe nem vett teodolit állandó változás. Az 1872-es adatot interpoláltuk. A leírt módon Ógyallára átszámítottuk a budapesti adatsort (V. és VI. táblázat), a rövidebb szakadásokat és a kiütő értékeket szomszédos obszervatóriumok adatai alapján pótoltuk. Így megkaptuk a mágneses I és H adatoknak egy elég hosszú sorát.

Az adatokra rápillantva azonnal látható, hogy az időszak közepetáján a mágneses lehajlásnak minimuma, a vízszintes térerősségnek maximuma volt. Közelítsük meg a két sort másodfokú hatványfüggvénnyel. Következő összefüggéseket kapjuk:

$$I_{\text{Ógyala}} = 63° 13'00 - 2'4090\ t + 0'037452\ t^2$$
$$H_{\text{Ógyala}} = 20536.5 + 33.686\ t - 0.50451\ t^2$$

mindkét egyenletben t = időpont — 1870.5.

V. TÁBLÁZAT

A mágneses lehajlás változása az Ógyallai obszervatóriumban

É v	I. Ógyalla *I*	II. Póla *I*	III. Ablinger *I*	IV. I—II	V. I—III	VI. Ógyalla javított interpolált
1850	63° 47,8′	—	68° 24,2′	—	—	63° 47,8′
1871	63° 7,8′	—	67° 34,4′	—	— 4° 26,6′	63° 7,8′
1872	63° 3,0′	—	67° 31,8′	—	— 4° 28,8′	63° 3,0′
1873	62° 59,1′	—	67° 30,0′	—	— 4° 30,9′	62° 59,1′
1874	62° 57,2′	—	67° 27,6′	—	— 4° 30,4′	62° 57,2′
1875	62° 57,3′	—	67° 26,4′	—	— 4° 29,1′	62° 57,3′
1876	62° 54,4′	—	67° 25,1′	—	— 4° 30,7′	62° 54,4′
1877	62° 53,9′	—	67° 23,9′	—	— 4° 30,0′	62° 53,9′
1878	62° 53,6′	—	67° 22,3′	—	— 4° 29,7′	62° 53,6′
1879	62° 54,2′	—	67° 21,1′	—	— 4° 23,9′	62° 54,2′
1880	62° 52,4′	—	67° 19,7′	—	— 4° 27,3′	62° 52,4′
1881	62° 50,2′	60° 50,9′	67° 18,6′	1° 59,3′	— 4° 28,4′	62° 50,2′
1882	(62° 56,2′)	60° 50,2′	67° 18,2′	2° 6,0′	— 4° 22,0′	*62° 50,6′*
1883	62° 51,1′	60° 49,6′	67° 15,8′	2° 1,5′	— 4° 24,7′	62° 51,1′
1884	62° 52,8′	60° 47,5′	67° 13,6′	2° 5,3′	— 4° 20,8′	62° 52,8′
1885	62° 49,8′	60° 47,6′	67° 12,1′	2° 2,2′	— 4° 22,3′	62° 49,8′
1886	62° 49,8′	60° 47,2′	67° 11,2′	2° 2,6′	— 4° 21,4′	62° 49,8′
1887	—	60° 45,1′	67° 10,7′	*2° 3,4′*	—	*62° 48,5′*
1888	—	60° 45,2′	67° 9,7′	*2° 4,2′*	—	*62° 49,4′*
1889	—	60° 43,6′	67° 8,4′	*2° 5,0′*	—	*62° 48,6′*
1890	62° 47,6′	60° 41,9′	67° 7,1′	2° 5,7′	— 4° 18,1′	62° 47,6′
1891	—	60° 40,9′	67° 5,6′	*2° 6,7′*	—	*62° 47,6′*
1892	—	60° 39,5′	67° 4,1′	*2° 7,7′*	—	*62° 47,2′*
1893	62° 44,8′	60° 36,2′	67° 2,0′	2° 8,6′	— 4° 17,2′	62° 44,8′
1894	62° 44,0′	60° 34,0′	67° 1,5′	2° 10,0′	— 4° 17,5′	62° 44,0′
1895	62° 44,2′	60° 30,9′	67° 0,2′	2° 13,3′	— 4° 16,0′	62° 44,2′
1896	(62° 38,0′)	60° 29,9′	66° 59,2′	*2° 12,9′*	— 4° 21,2′	*62° 42,8′*
1897	—	60° 27,0′	66° 57,6′	*2° 12,6′*	—	*62° 39,6′*
1898	62° 37,2′	60° 25,0′	66° 56,2′	2° 12,2′	— 4° 19,0′	62° 37,2′
1899	—	60° 22,5′	66° 54,6′	*2° 12,5′*	—	*62° 35,0′*
1900	—	60° 20,5′	66° 52,9′	*2° 12,9′*	—	*62° 33,4′*
1901	—	60° 18,6′	66° 50,5′	*2° 13,2′*	—	*62° 31,8′*
1902	—	60° 16,1′	66° 47,9′	*2° 13,6′*	—	*62° 29,7′*
1903	—	60° 15,6′	66° 45,3′	*2° 13,9′*	—	*62° 29,5′*
1904	—	60° 13,8′	66° 41,7′	*2° 14,3′*	—	*62° 28,1′*
1905	—	60° 13,6′	66° 40,4′	*2° 14,6′*	—	*62° 28,2′*
1906	62° 27,1′	60° 12,1′	66° 39,7′	2° 15,0′	— 4° 12,6′	62° 27,1′
1907	62° 28,3′	60° 13,2′	66° 40,3′	2° 15,1′	— 4° 12,0′	62° 28,3′
1908	62° 28,8′	60° 13,2′	66° 40,4′	2° 15,6′	— 4° 11,6′	62° 28,8′
1909	62° 29,8′	60° 12,6′	66° 38,1′	2° 17,2′	— 4° 8,3′	62° 29,8′
1910	62° 31,2′	60° 11,2′	66° 36,8′	2° 20,0′	— 4° 5,6′	62° 31,2′
1911	—	60° 10,1′	66° 36,1′	*2° 21,2′*	—	*62° 31,3′*
1912	—	60° 10,1′	66° 35,8′	*2° 22,5′*	—	*62° 32,6′*
1913	—	60° 10,1′	66° 34,5′	*2° 23,7′*	—	*62° 33,8′*
1914	62° 35,0′	60° 10,0′	66° 34,8′	2° 25,0′	— 3° 59,8′	62° 35,0′

V. táblázat folytatása

É v	I. Ógyalla I	II. Póla I	III. Abinger I	IV. I—II	V. I—III	VI. Ógyalla javított interpolált
1936	63° 20′6 *	—	66° 41,8′	—	— 3° 21,2′	63° 20,6′
1937	63° 24,0′*	—	66° 42,7′	—	— 3° 18,7′	63° 24,0′
1938	63° 26,8′*	—	66° 43,2′	—	— 3° 16,4′	63° 26,8′
1939	—	—	66° 43,5′	—	—	—
1940	63° 30,3′*	—	66° 43,9′	—	— 3° 13,6′	63° 30,3′
1941	63° 33,2′	—	66° 44,3′	—	— 3° 11,1′	63° 33,2′
1942	63° 34,4′	—	66° 43,9′	—	— 3° 9,5′	63° 34,4′
1943	63° 36,4′	—	66° 44,5′	—	— 3° 8,1′	63° 36,4′
1944	63° 37,5′	—	66° 44,3′	—	— 3° 6,8′	63° 37,5′

I. oszlop: A budapesti és ógyallai obszervatóriumok egyesített Ógyallára átszámított adatsora (Budapest—Ógyalla = — 0° 19,8′). A *-gal jelölt adatok egyes mérések eredményei.
II., III. oszlop: Póla—Abinger obszervatóriumok mágneses lehajlásértékei.
IV., V. oszlop: Az ógyallai adatok és a pólai, abingeri adatok különbsége.
VI. oszlop: A pólai adatok alapján kiegészített ógyallai sorozat. (A dült számjegyű értékek interpoláltak.)

3. ábra. A mágneses lehajlás évszázados változása Abingerben és Ógyallán. (A kihúzott görbe a mért, a pontozott a számított menet)

VI. TÁBLÁZAT

A földmágnességi erő vízszintes összetevőjének (H) évszázados változása az Ógyallai obszervatóriumban

É v	I. Ógyalla γ	II. Póla γ	III. Prága γ	IV. Abinger γ	V. I—II. γ	VI. I—III. γ	VII. I—IV. γ	VIII. Ógyalla javítva γ
1850	20259	—	—	17410	—	—	2849	20259
1871	20811	—	19370	18040	—	1441	2771	**20672**
1872	—	—	19424	18070	—	—	—	**20654**
1873	20774	—	19453	18110	—	1321	2664	**20635**
1874	20838	—	19466	18150	—	1372	2688	**20699**
1875	20850	—	19488	18150	—	1362	2700	**20711**
1876	20888	—	19513	18170	—	1375	2718	**20749**
1877	20914	—	19533	18180	—	1381	2734	**20775**
1878	20910	—	19553	18200	—	1357	2710	**20771**
1879	20925	—	19564	18230	—	1361	2695	**20786**
1880	20936	—	19569	18230	—	*1367*	*2706*	**20797**
1881	20868	—	19584	18250	—	1284	2618	**20812**
1882	20864	—	19582	18240	—	*1282*	*2624*	**20808**
1883	20823	21854	19597	18300	— 1031	1226	2523	20823
1884	20851	21853	19624	18320	— 1002	1227	2531	20851
1885	20869	21887	19617	18353	— 1018	1252	2516	20869
1886	20886	21878	—	18354	— 992	—	2532	20886
1887	—	21884	—	18372	— *986*	—	—	*20898*
1888	—	21895	19672	18401	— *980*	—	—	*20915*
1889	—	21919	—	18407	— *974*	—	—	*20945*
1890	20972	21939	—	18431	— 967	—	2541	20972
1891	—	21953	19739	18448	— *968*	—	—	*20985*
1892	—	21959	19754	18466	— *969*	—	—	*20990*
1893	21022	21992	19789	18484	— 970	1233	2538	21022
1894	21042	21998	19805	18484	— 956	1237	2558	21042
1895	21082	22030	19834	18520	— 948	1248	2562	21082
1896	21103	22060	19858	18555	— 957	1245	2548	21103
1897	21114	22083	19884	18554	— 969	1230	2560	21114
1898	21114	22101	19906	18579	— 987	1208	2535	21114
1899	21129	22120	19926	18613	— 991	1203	2516	21129
1900	21153	22151	19947	18638	— 998	1206	2515	21153
1901	21175	22181	19965	18678	— 1006	1210	2497	21175
1902	21170	22185	19903	18702	— 1015	1267	2468	21170
1903	21172	22186	19885	18701	— 1014	1287	2471	21172
1904	21149	22191	(20023)	18717	— 1042	1126	2432	21149
1905	21151	22187	—	18720	— 1036	—	2431	21151
1906	21153	22185	—	18721	— 1032	—	2432	21153
1907	21142	22173	—	18730	— 1031	—	2412	21142
1908	21127	22167	—	18725	— 1040	—	2402	21127
1909	21094	22153	—	18723	— 1059	—	2371	21094
1910	21083	22153	—	18729	— 1070	—	2354	21083

VI. táblázat folytatása

É v	I. Ógyalla γ	II. Póla γ	III. Prága γ	IV. Abinger γ	V. I—II. γ	VI. I—III. γ	VII. I—IV. γ	VIII. Ógyalla javítva γ
1911	21067	22149	—	18726	— 1082	—	2341	21067
1912	21062	22158	—	18725	— 1096	—	2337	21062
1913	21039	22159	—	18711	— 1120	—	2328	21039
1914	21024	22149	—	18709	— 1125	—	2315	21024
1915	20992	22125	—	18689	— 1133	—	2303	20992
1916	20964	22103	—	18671	— 1139	—	2293	20964
1917	20943	22083	—	18659	— 1140	—	2284	20943
1918	20914	22072	—	18643	— 1158	—	2271	20914
1919	—	22070	—	18633	—	—	—	—
1920	—	—	—	18633	—	—	—	—
1941	20668	—	—	18539	—	—	2129	20668
1942	20669	—	—	18554	—	—	2115	20669
1943	20669	—	—	18556	—	—	2113	20669
1944	20674	—	—	18566	—	—	2108	20674

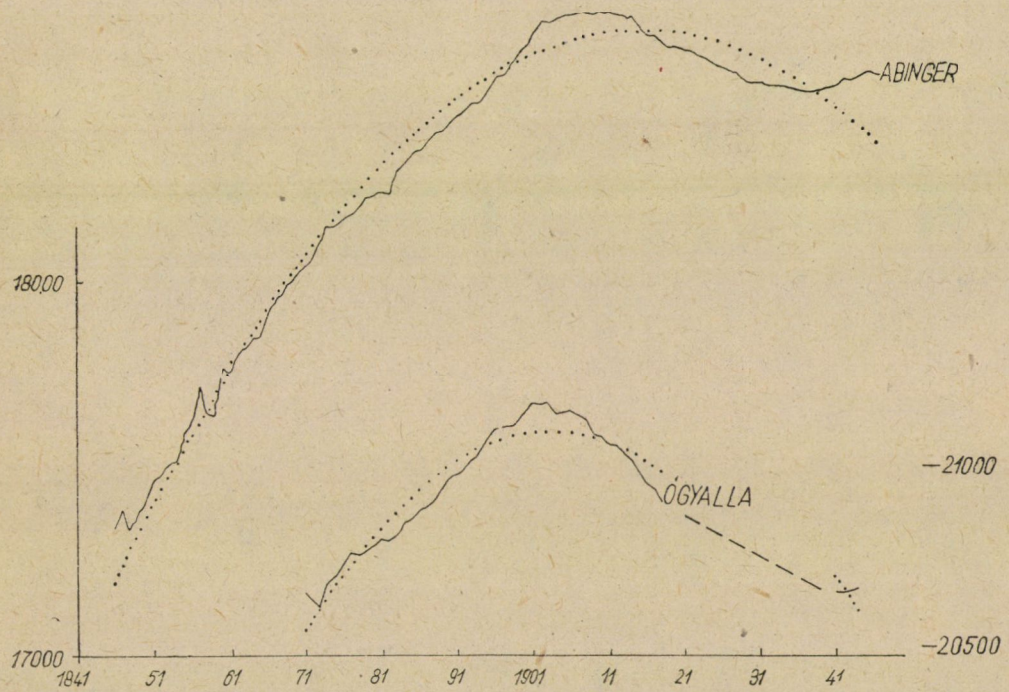
I. oszlop : A Budapesti és Ógyallai obszervatóriumok egyesített Ógyallára átszámított adatsora. (Budapest—Ógyalla = 215 γ).

II., III., IV. oszlop : Póla, Prága, Abinger obszervatóriumokban a vízszintes térerősség értékei.

V., VI., VII. oszlop : Az ógyallai adatok és a pólai, prágai, abingeri adatok különbsége.

VIII. oszlop : A javított és kitöltött ógyallai sorozat.

A *dőlt* számokkal szedett adatok interpoláltak, a kövérek javítottak.



4. ábra. A vízszintes térerősség évszázados változása Abingerben és Ógyallán (A kihúzott görbe a mért, a pontozott a számított menet)

VII. TÁBLÁZAT

A mágneses lehajlás (I) és vízszintes összetevő (H) évszázados változása Ógyallán

É v	I. $I_{mért}$	II. $I_{számított}$	III. ΔI	IV. $H_{mért}$	V. $H_{számított}$	VI. ΔH
1871	63° 7,8′	63° 10,6′	− 2,8′	20672γ	20570γ	+ 102
1872	63° 3,0′	63° 8,3′	− 5,3′	20654	20602	+ 52
1873	62° 59,1′	63° 6,1′	− 7,0′	20635	20633	+ 2
1874	62° 57,2′	63° 4,0′	− 6,8′	20699	20663	+ 36
1875	62° 57,3′	63° 1,9′	− 4,6′	20711	20692	+ 19
1876	62° 54,4′	62° 59,9′	− 5,5′	20749	20720	+ 29
1877	62° 53,9′	62° 58,0′	− 4,1′	20775	20748	+ 27
1878	62° 53,6′	62° 56,1′	− 2,5′	20771	20774	− 3
1879	62° 54,2′	62° 54,4′	− 0,2′	20786	20799	− 13
1880	62° 52,4′	62° 52,7′	− 0,3′	20797	20823	− 26
1881	62° 50,2′	62° 51,0′	− 0,8′	20812	20846	− 34
1882	62° 50,6′	62° 49,5′	+ 1,1′	20808	20868	− 60
1883	62° 51,1′	62° 48,0′	+ 3,1′	20823	20889	− 66
1884	62° 52,8′	62° 46,6′	+ 6,2′	20851	20909	− 58
1885	62° 49,8′	62° 45,3′	+ 4,5′	20869	20928	− 59
1886	62° 49,8′	62° 44,0′	+ 5,8′	20886	20946	− 60
1887	62° 48,5′	62° 42,9′	+ 5,6′	20898	20963	− 65
1888	62° 49,4′	62° 41,8′	+ 7,6′	20915	20979	− 64
1889	62° 48,6′	62° 40,8′	+ 7,8′	20945	20994	− 49
1890	62° 47,6′	62° 39,8′	+ 7,8′	20972	21008	− 36
1891	62° 47,6′	62° 38,9′	+ 8,7′	20985	21021	− 36
1892	62° 47,2′	62° 38,1′	+ 9,1′	20990	21033	− 43
1893	62° 44,8′	62° 37,4′	+ 7,4′	21022	21044	− 22
1894	62° 44,0′	62° 36,8′	+ 7,2′	21042	21054	− 12
1895	62° 44,2′	62° 36,2′	+ 8,0′	21082	21063	+ 19
1896	62° 42,8′	62° 35,7′	+ 7,1′	21103	21071	+ 32
1897	62° 39,6′	62° 35,3′	− 4,3′	21114	21078	+ 36
1898	62° 37,2′	62° 34,9′	+ 2,3′	21114	21084	+ 30
1899	62° 35,0′	62° 34,6	+ 0,4′	21129	21089	+ 40
1900	62° 33,4′	62° 34,4′	− 1,0′	21153	21093	+ 60
1901	62° 31,8′	62° 34,3′	− 2,5′	21175	21096	+ 79
1902	62° 29,7′	62° 34,3′	− 4,6′	21170	21098	+ 72
1903	62° 29,5′	62° 34,3′	− 4,8′	21172	21099	+ 73
1904	62° 28,1′	62° 34,4′	− 6,3′	21149	21099	+ 50
1905	62° 28,2′	62° 34,6′	− 6,4′	21151	21097	+ 54
1906	62° 27,1′	62° 34,8′	− 7,7′	21153	21095	+ 58
1907	62° 28,3′	62° 35,2′	− 6,9′	21142	21092	+ 50
1908	62° 28,8′	62° 35,6′	− 6,8′	21127	21088	+ 39
1909	62° 29,8′	62° 36,0′	− 6,2′	21094	21083	+ 11
1910	62° 31,2′	62° 36,6′	− 5,4′	21083	21077	+ 6
1911	62° 31,3′	62° 37,2′	− 5,9′	21067	21070	− 3
1912	62° 32,6′	62° 37,9′	− 5,3′	21062	21061	+ 1
1913	62° 33,8′	62° 38 7′	− 4 9′	21039	21052	− 13
1914	62° 35,0′	62° 39,5′	− 4,5′	21024	21042	− 18
1915	—	—	—	20992	21031	− 39

VII. táblázat folytatása

É v	I. $I_{mért}$	II. $I_{számított}$	III. Δ I	IV. $H_{mért}$	V. $H_{számított}$	VI. Δ H
1916	—	—	—	20964	21018	— 54
1917	—	—	—	20943	21005	— 62
1918	—	—	—	20914	20991	— 77
1936	63° 20,6′	63° 17,2′	+ 3,4′	—	—	—
1937	63° 24,0′	63° 19,7′	+ 4,3′	—	—	—
1938	63° 26,8′	63° 22,4′	+ 4,4′	—	—	—
1939	—	—	—	—	—	—
1940	63° 30,3′	63° 27,9′	+ 2,4′	—	—	—
1941	63° 33,2′	63° 30,8′	+ 2,4′	20668	20714	— 46
1942	63° 34,4′	63° 33,7′	+ 0,7′	20669	20686	— 17
1943	63° 36,4′	63° 36,7′	— 0,3′	20669	20656	+ 13
1944	63° 37,5′	63° 39,8′	— 2,3′	20674	20626	+ 48

I. és IV. oszlop: A mágneses lehajlás (I.) és vizszintes összetevő (É) évszázados változása Ógyallán,
II. és V. oszlop: A másodfokú normálegyenletből számított normális I és H menet.
III., VI. oszlop: A mért és számított I és H értékek különbsége.

A számításnál az 1850-es adatot nem vettük figyelembe. Az egyenletekből számítva az I-nek a minimuma 1902.7-ben a H-nak a maximuma 1903.9-ben volt. A számított szélső értékek $I_{min} = 62° 34'2$ és $H_{max} = 21099\,\gamma$. Ezek az értékek természetesen nem tartalmazzák a szuperponált hullámot és így a ténylegesen mért értékektől lényegesen eltérnek. Mint várható volt, a mágneses elhajlás és a vízszintes összetevő is mutatja a szuperponált hullámot (VII. táblázat) akárcsak a mágneses elhajlás. A hullámok nagyon jellegzetesek. Az I hullám amplitudója ~8′, a H hullámé ~70 gamma, a mérési hibahatárnál sokkal nagyobbak (lásd a 3—4. ábrát). A 0 pontok nem esnek szabályosan a napfolt minimumok idejére, de nagyjából követik az elhajlás szabályszerűségét. A megfigyelt hullám vizsgálatára a megfelelő számítást elvégeztük az abingeri obszervatórium I és H adatsorára is. Az adatokat 1846-tól 1946-ig terjedő időről vettük számításba. A kérdéses hullám ott is jelentkezik, csak az 1870 előtti adatoknak erős szórásuk van és nem adnak határozott hullámot. A legjobban közelítő másodfokú függvények Abingerre a következők:

$$I_{Abinger} = 68°43'35 - 3'0975\ t + 0'019052\ t^2$$
$$H_{Abinger} = 17153.7 + 43.289\ t - 0.30693\ t^2,$$

ahol mindkét függvényben t = időpont — 1845.5.

A függvényekből számítva az I-ben a minimum 1926.8-ben és a H-ban a maximum 1916.0-ban következett be. A szuperponált hullámok az ógyallaival egyértelműen haladnak és az amplitudójuk az I-ben ~5′, a H-ban ~100 γ (lásd: VIII. táblázatot és az 5. és 6. ábrát).

VIII. TÁBLÁZAT

A mágneses lehajlás (I) és a vízszintes összetevő (H) évszázados változása Abingerben

É v	I. $I_{mért}$	II. $I_{számított}$	III. ΔI	IV. $H_{mért}$	V. $H_{számított}$	VI. ΔH	É v	I. $I_{mért}$	II. $I_{számított}$	III. ΔI	IV. $H_{mért}$	V. $H_{számított}$	VI. ΔH
1846	68° 35,6′	68° 40,3′	− 4,7′	17340 γ	17197 γ	+ 143	1896	66° 59,2′	66° 54,7′	+ 4,5′	18555 γ	18563 γ	− 8
1847	68° 36,4′	68° 37,2′	− 0,8′	17390	17239	+ 151	1897	66° 57,6′	66° 53,8′	+ 3,8′	18554	18575	− 21
1848	68° 32,1′	68° 34,2′	− 2,1′	17340	17281	+ 59	1898	66° 56,2′	66° 52,7′	+ 3,5′	18579	18587	− 8
1849	68° 28,6′	68° 31,3′	− 2,7′	17360	17322	+ 38	1899	66° 54,6′	66° 51,6′	+ 3,0′	18613	18596	+ 17
1850	68° 24,2′	68° 28,3′	− 4.1′	17410	17362	+ 48	1900	66° 52,9′	66° 50,6′	+ 2,3′	18638	18606	+ 32
1851	68° 17,7′	68° 25,4′	− 7,7′	17470	17402	+ 68	1901	66° 50,5′	66° 49,6′	+ 0,9′	18678	18615	+ 63
1852	68° 20,0′	68° 22,6′	− 2,6′	17480	17442	+ 38	1902	66° 47,9′	66° 48,7′	− 0,8′	18702	18624	+ 78
1853	68° 22,0′	68° 19,8′	+ 2,2′	17510	17480	+ 30	1903	66° 45,3′	66° 47,8′	− 2,5′	18701	18632	+ 69
1854	68° 25,3′	68° 17,0′	+ 8,3′	17520	17518	+ 2	1904	66° 41,7′	66° 46,9′	− 5,2′	18717	18639	+ 78
1855	68° 22,2′	68° 14,3′	+ 7,9′	17590	17556	+ 34	1905	66° 40,4′	66° 46,1	− 5,7′	18720	18646	+ 74
1856	68° 21,0′	68° 11,6′	+ 9,4′	17620	17593	+ 27	1906	66° 39,7′	66° 45,3′	− 5,6′	18721	18652	+ 69
1857	68° 8,7′	68° 8,9′	− 0,2′	17720	17629	+ 91	1907	66° 40,3′	66° 44,5′	− 4,2′	18730	18658	+ 72
1858	68° 5,6′	68° 6,3′	− 0,7′	17650	17665	− 15	1908	66° 40,4′	66° 43,8′	− 3,4′	18725	18663	+ 62
1859	68° 4,3′	68° 3,7′	+ 0,6	17640	17700	− 60	1909	66° 38,1′	66° 43,1′	− 5,0′	18723	18667	+ 56
1860	68° 7,6′	68° 1,2′	+ 6,4′	17770	17734	+ 36	1910	66° 36,8′	66° 42,5′	− 5,7′	18729	18671	+ 58
1861	68° 1,7′	67° 58,7′	+ 3,0′	17760	17768	− 8	1911	66° 36,1′	66° 41,9′	− 5,8′	18726	18674	+ 52
1862	67° 53,7′	67° 56,2′	− 2,5′	17810	17801	+ 9	1912	66° 35,8′	66° 41,3′	− 5,5′	18725	18676	+ 49
1863	67° 51,1′	67° 53,8′	− 2,7′	17820	17833	− 13	1913	66° 34,5′	66° 40,8′	− 6,3′	18711	18678	+ 33
1864	67° 48,3′	67° 51,4′	− 3,1′	17850	17865	− 15	1914	66° 34,8′	66° 40,3′	− 5,5′	18709	18679	+ 30
1865	67° 46,6′	67° 49,0′	− 2,4′	17850	17897	− 47	1915	66° 35,6′	66° 39,9′	− 4,3′	18689	18680	+ 9
1866	67° 45,3′	67° 46,7′	− 1,4′	17910	17927	− 17	1916	66° 36,2′	66° 39,5′	− 3,3′	18671	18680	− 9
1867	67° 41,3′	67° 44,4′	− 3,1′	17950	17958	− 8	1917	66° 37,0′	66° 39,1′	− 2,1′	18659	18679	− 20
1868	67° 40,5′	67° 42,2′	− 1,7′	17970	17987	− 17	1918	66° 36,7′	66° 38,8′	− 2,1′	18643	18678	− 35
1869	67° 39,0′	67° 40,0′	− 1,0′	18000	18016	− 16	1919	66° 37,2′	66° 38,5′	− 1,3′	18633	18676	− 43
1870	67° 36,6′	67° 37.8′	− 1,2′	18020	18044	− 24	1920	66° 37,6′	66° 38,2′	− 0,6′	18633	18674	− 41

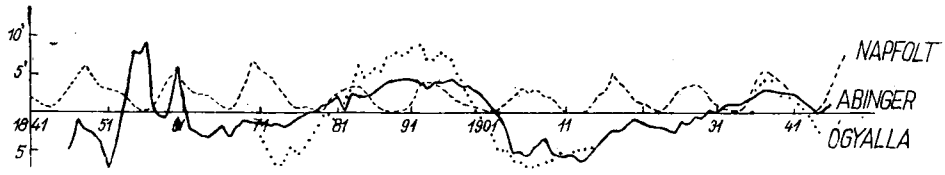
VIII. táblázat folytatása

1871	67° 34,4′	67° 35,7′	− 1,3′	18040	18072	− 32	1921	66° 36,9′	66° 38,0′	− 1,1′	18628	18671	− 43
1872	67° 31,8′	67° 33,6′	− 1,8′	18070	18099	− 29	1922	66° 36,2′	66° 37,8′	− 1,6′	18621	18667	− 46
1873	67° 30,0′	67° 31,6′	− 1,6′	18110	18125	− 15	1923	66° 35,8′	66° 37,6′	− 1,8′	18611	18663	− 52
1874	67° 27,6′	67° 29,5′	− 1,9′	18150	18151	− 1	1924	66° 35,5′	66° 37,5′	− 2,0′	18605	18658	− 53
1875	67° 26,4′	67° 27,6′	− 1,2′	18150	18176	− 26	1925	66° 35,1′	66° 37,5′	− 2,4′	18597	18653	− 56
1876	67° 25,1′	67° 25,6′	− 0,5′	18170	18201	− 31	1926	66° 36,3′	66° 37,4′	− 1,1′	18581	18646	− 65
1877	67° 23,9′	67° 23,7′	+ 0,2′	18180	18225	− 45	1927	66° 36,2′	66° 37,5′	− 1,3′	18575	18640	− 65
1878	67° 22,3′	67° 21,9′	+ 0,4′	18200	18248	− 48	1928	66° 37,2′	66° 37,5′	− 0,3′	18564	18632	− 68
1879	67° 21,1′	67° 20,1′	+ 1,0′	18230	18271	− 41	1929	66° 37,2′	66° 37,6′	− 0,4′	18555	18624	− 69
1880	67° 19,7′	67° 18,3′	+ 1,4′	18230	18293	− 63	1930	66° 38,2′	66° 37,7′	+ 0,5′	18542	18616	− 74
1881	67° 18,6′	67° 16,5′	+ 2,1′	18250	18314	− 64	1931	66° 38,1′	66° 37,9′	+ 0,2′	18543	18607	− 64
1882	67° 18,2′	67° 17,8′	+ 0,4′	18240	18335	− 95	1932	66° 39,1′	66° 38,1′	+ 1,0′	18536	18597	− 61
1883	67° 15,8′	67° 13,2′	+ 2,6′	18300	18356	− 56	1933	66° 39,4′	66° 38,3′	+ 1,1′	18532	18586	− 54
1884	67° 13,6′	67° 11,5′	+ 2,1′	18320	18375	− 55	1934	66° 39,7′	66° 38,6′	+ 1,1′	18533	18575	− 42
1885	67° 12,1′	67° 9,9′	+ 2,2′	18353	18394	− 41	1935	66° 40,9′	66° 38,9′	+ 2,0′	18527	18564	− 37
1886	67° 11,2′	67° 8,4′	+ 2,8′	18354	18409	− 54	1936	66° 41,8′	66° 39,2′	+ 2,6′	18524	18551	− 27
1887	67° 10,7′	67° 6,9′	+ 3,8′	18372	18430	− 58	1937	66° 42,7′	66° 39,6′	+ 3,1′	18522	18539	− 17
1888	67° 9,7′	67° 5,4′	+ 4,3′	18401	18448	− 47	1938	66° 43,2′	66° 40,1′	+ 3,1′	18522	18525	− 3
1889	67° 8,4′	67° 3,9′	+ 4,5′	18407	18464	− 57	1939	66° 43,5′	66° 40,5′	+ 3,0′	18528	18511	+ 17
1890	67° 7,1′	67° 2,5′	+ 4,6′	18431	18480	− 49	1940	66° 43,9′	66° 41,0′	+ 2,9′	18533	18496	+ 37
1891	67° 5,6′	67° 1,2′	+ 4,4′	18448	18496	− 48	1941	66° 44,3′	66° 41,6′	+ 2,7′	18539	18481	+ 58
1892	67° 4,1′	66° 59,8′	+ 4,3′	18466	18510	− 44	1942	66° 43,9′	66° 42 2′	+ 1,7′	18554	18465	+ 89
1893	67° 2,0′	66° 58,6′	+ 3,4′	18484	18524	− 40	1943	66° 44,5′	66° 42,8′	+ 1,7′	18556	18448	+ 108
1894	67° 1,5′	66° 57,3′	+ 4,2′	18484	18538	− 54	1944	66° 44,3′	66° 43 4′	+ 0,9′	18566	18431	+ 135
1895	67° 0,2′	66° 56,1′	+ 4,1′	18520	18551	− 31	1945	66° 44,3′	66° 44,1′	+ 0,2′	18573	18413	+ 160
							1946	66° 45,4′	66° 44,8′	+ 0,6′	18569	18394	+ 175

I., IV. oszlop: A mágneses lehajlás (*I*) és a vízszintes összetevő (*H*) évszázados változása Abingerben.
II., V. oszlop: A másodfokú normálegyenletből számított normális *I* és *H* menet.
III., VI. oszlop: A mért és számított *I* és *H* értékek különbsége.

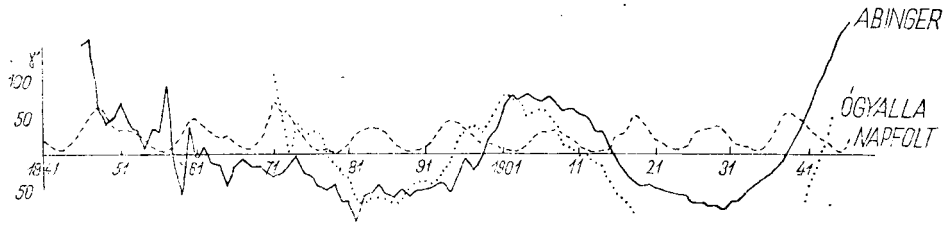
A különböző összetevőkre szuperponált hullám 0 helyeiről összefoglaló táblázatot közlünk :

Abinger	*D*	1847	1873	1901	1924	1941
	I	1857	1876	1902	1930	1947
	H	—	—	1899	1916	1938
Ógyalla	*D*	—	1877	1900	1922	1942
	I	—	1882	1900	(1926)	1942
	H	—	1878	1895	1912	1942
Osló	*D*	1850	1872	1901	1923	—
Slutzk	*D*	—	1874	1898	1918	1936



5. ábra. A mágneses lehajlás mért és számított értékeinek a különbsége, az abingeri és ógyallai obszervatóriumokban és a napfoltgyakorisági hullám

Érdekes megjegyezni, hogy a szuperponált hullám egymástól teljesen elütő típusú görbéken jelentkezik. A mágneses elhajlás évszázados menetének — a használt adatok tanusága szerint — inflexiós pontja, ezzel szemben az inklinációnak minimuma, a vízszintes összetevőnek pedig maximuma van. Ez a jelenség az oka annak, hogy a mágneses elhajlás menetét az idő harmadfokú, az *I* és a *H* menetét pedig az idő másodfokú hatványfüggvényével fejeztük ki.



6. ábra. A vizszintes összetevő mért és számított értékeinek a különbsége, az abingeri, és ógyallai obszervatóriumokban és a napfoltgyakorisági hullám

A hatványfüggvény számítására felhasznált ógyallai adatsor az 1920—30-as években hiányos úgy, hogy a görbének az az ága kisebb súllyal esik a számításba és ez a közelítő hatványfüggvény alakját kissé befolyásolja.

IRODALOM

R. Bock und *W. Schumann:* Katalog der Jahresmittel der magnetischen Elemente . . . Akademie-Verlag, Berlin 1948.

J. A. Fleming and *W. E. Scott:* List of geomagnetic observatories and thesaurus of values — VIII. Terr. Magn. 1948.

Ella H. Munro: Tables on sunspot-frequency for 1749—1948. Terr. Magn. 1948.

J. Bartels: Erdmagnetismus. Handbuch der Experimentalphysik, Band 25. Berlin, 1928.

Tárczy-Hornoch Antal: A mágneses deklináció kiszámításáról a Magyar Tud. Akadémia közleményei I. évf. 2. sz.

Steiner Lajos: A Föld mágneses jelenségei. Budapest, 1923.

Barta György: A földmágnességi erő vízszintes összetevőjének és lehajlásának változásai Erdélyben. (1943.0) M. Orsz. Meteorológiai és Földmágnességi Intézet kiadványa. Földmágnességi Közlemények, I. sz.

M. Orsz. Meteorológiai és Földmágnességi Intézet évkönyvei, 2. rész. Az ógyallai obszervatórium megfigyelései.

Schenzl Guidó: Adalékok a magyar koronához tartozó országok földmágmességi viszonyainak ismeretéhez. Magy. Termtud. Társulat, Budapest, 1881.

Kurländer Ignác: Földmágnességi mérések a magyar korona országaiban 1892—94. években. Magy. Termtud. Társulat, Budapest, 1896.

J. Liznar: Die Verteilung der Erdmagnetischen Kraft in Österreichungarn zur Epoche 1890. Der Denkschriften der mathematisch-naturwissenschaftlichen Klasse der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften. Band LXVII. Wien, 1895., Wien 1898.

HOZZÁSZÓLÁSOK

LASSOVSZKY KÁROLY

Barta Györgynek »A földmágnességi értékek változásának törvényszerűségei hazánkban« c. tanulmányának az a része kap meg engem leginkább, mely relációt állapít meg a földmágnességi értékek változásának és a napfolttevékenységnek a periódusa között. Az intenzív napfolttevékenység és a földmágnességi zavarok közti összefüggés régi keletű, az eddig rendelkezésre álló értékek feldolgozásából most az is kitűnik, hogy a földmágnesség lassú, folytonos változásának a periódusa éppen négyszerese a napfoltperiódusnak. S egyben a maximális és a minimális, valamint a zérus földmágnességi értékek mindig a napfolttevékenység minimumára esnek. Ez mindenesetre nagyon sajátos és fizikailag nehezen magyarázható jelenség. Meg kell azonban gondolni, hogy a földmágnességi értékek változásának eddig mindössze alig két periódusát ismerjük s ez nem elégséges a periódushossz kielégítően pontos meghatározásához. Ezért lehet, hogy a szóbanforgó két jelenség periódushosszának a viszonya nem 4, hanem csak közel van ehhez, s a szélső értékek említett összeesése csak véletlen s idővel ezek eltolódnak egymáshoz képest. Ettől eltekintve a periódushosszak négyszeres vagy közel négyszeres viszonya igen sajátságos s a kérdés további tüzetes tanulmányozásához nyujthat ösztönzést, mert a két tünemény szoros összefüggése következtében inkább a periódushosszak azonosságát várnók.

SZILÁGYI BÉLA

Az elhangzott előadásban a dolog természete szerint nincsenek felhasználva az 1949—50-es országos mágneses mérés adatai.

Az országos mérésből ismerni fogjuk a mágneses elhajlás normális értékét hazánkban. Ógyalla a határtól csak 16 km-re fekszik és ennek folytán a Magyarországra kiszámított normál formulából az ottani normális deklinációt kiszámíthatjuk. Így pl. ismerjük az 1949.5 évi ógyallai elhajlási adatot. A normálls és a mért deklináció ismeretéből korszerű pontossággal megkaphatjuk a helyi anomáliát. Ha a helyi anomáliákat változatlannak tekintjük, ezzel ellenőrizzük az 1890-es mérések adatait és biztosabbá tehetjük az 1889—93-as hézag áthidalását. Ez a számítás azonban csak a végleges normális formula elkészülte után végezhető el.

Célszerű volna, az 1950-es országos mágneses mérés műszereivel Ógyallán is csatlakozó méréssorozatot végezni, ezeknek az anomáliáknak minél pontosabb megállapitására.

Erre a kooperációs munkára már van is példa az országos háromszögelési és szintezési munkálatokban úgy, hogy alig hiszem, hogy ennek vegrehajtásánál kellő előkészítés után nagyobb nehézségek merülnek fel. Ezt a jelentős munkálatot az illetők jóakaratú figyelmébe ajánlom.

Az előadó kutató munkájának igen nagyjelentőségű eredménye a most elsőízben ismertetett kb. 44 éves szuperponált hullámok majdnem törvényszerű fellépése, melynek segitségével a mágneses deklináció évi változását néhány évre előre pontosabban meg lehet határozni.

Általános tájékozásul meg kell emlékeznem az 1949—50-es évi országos mágneses mérések deklinációmérésével kapcsolatos geodéziai munkákról.

A mágneses hálózati pontok 20—60 km-es távolságai miatt — a napi teljesítményre tekintettel — a meridián északi irányának gyors meghatározása arra késztetett bennünket, hogy napmegfigyelések útján csak a legritkább esetben határozzuk meg a helyi meridián irányát, hanem ehelyett az országos földmérés háromszögelési pontjait használjuk fel.

Örömmel és teljes elismeréssel kell megállapítanom, hogy az országos földmérés kiváló munkájának eredményeként mindenütt gyorsan és programmszerűen értünk célt.

TÁRCZY-HORNOCH ANTAL rendes tag

A volt osztrák-magyar monarchia területén 1850 és 1890 körül voltak kiterjedt országos mágneses mérések, amelyeket Ližnar dolgozott fel. 1930 táján, újabb 40 év elteltével újból esedékesek voltak e mérések. Egyes országokban el is végezték, Magyarországon azonban csak az 1949—1950. évben került erre a sor. Hátra van még, hogy a nyert eredményeket — egybevetve az 1850 és 1890-es adatokkal — kellőképpen kiértékeljük, s a változások eddig megállapítható törvényszerűségeit levezessük.

A törvényszerűségek levezetése annál biztosabb, minél megbízhatóbbak a rendelkezésre álló mérési adatok. Új korszerű műszerekkel végzett méréseink tekintetében különösebb aggodalomra nincs ok, azonban a régebbi mérések vonalán a mért mágneses értékek nem egy esetben gyanusaknak látszanak. Az ilyen gyanus helyzetben téves adatoknak a felkeresése, illetőleg megbízható helyesbítése már csak azért is fontos, mert így a levezetett törvényszerűségeket nem torzítják el. A soproni Geofizikai Munkaközösség a tekintetbejövő mágneses obszervatóriumok adatainak kritikai vizsgálatát munkaprogrammjába fel is vette. Barta vizsgálata is lényegileg ebbe a csoportba tartozik, s az ógyallai mágneses deklináció adatainak kritikai vizsgálatával és az ógyallai megfigyelési sorozat kibővítésével foglalkozik. A vizsgálatok elvégzése tehát közérdekű, s annál nagyobb örömünkre szolgál, mert más oldalról és más úton végzett vizsgálatokkal megerősítve látjuk az előadó által is említett ama régebbi állításunkat, hogy Ógyalla 1890-es deklinációs adata hibás. Hogy mennyi számszerűleg ez a hiba, még esetleg vita tárgya lehet, de a tényen nem változtat, hogy az ógyallai adatok tudományos kiértékelés előtt felülvizsgálatra szorulnak.

Az ógyallai adatok kritikai felülvizsgálata után az ellenőrizett és részben helyesbített deklinációs értékek sorozatára Barta kiegyenlítéssel meghatározza a legjobban simuló harmadfokú függvény együtthatóit. Kívánatosnak tartanám, hogy ennek a számításnak főbb lépései majd nyomtatásban ugyancsak megjelenjenek.

Helyesen jegyzi meg Barta, hogy a harmadfokú közelítés bizonyos önkényt jelent, azonban szerinte a mágneses elhajlás görbéjének 1955-ben inflexiós pontja lesz, s ennek a környezetében a szinusz-görbét jó közelítéssel helyettesíthetjük harmadfokú görbével. Ez az érvelés elfogadható, de akkor az is következik belőle, hogy 1955-től távolodva a ténylegesen mért és a függvény szerint számított értékek közti különbségek megbízhatósága egyre romlik, s így ezt a körülményt a maradék-soron megfigyelt 44 évi periódus megállapításánál is tekintetbe kell venni. Ebben a vonatkozásban a külföldi obszervatóriumok adataival végzett hasonló vizsgálatok sem bizonyítják még a 44

éves periódusok létezését minden kétséget felülállóan, hanem a valószínűsített periódusok létezésének még további alátámasztása is kívánatos lenne. Erre szolgált már a szuperponált hullámok létezésének Barta által történt kimutatása a H és I értékekben is. Talán harmónikus analizátorok segítségével tovább juthatnánk.

Barta előadása minden esetre komoly értékű munka, s kívánatos lenne, hogy a többi ismeretes magyar adat megbízhatóságát is megvizsgálja.

TARTALOMJEGYZÉK

Tárczy-Hornoch Antal: A kényszerközpontosítás egy szabatos megoldása 1

Hozzászólások: Kompolty Ödön 25
Konrád Ödön 25
Sébor János 27
Fialovszky Lajos 27

Regőczi Emil: Harmadrendű háromszögelési hálózatból levezetett elsőrendű hálózat .. 37

Hozzászólások: Sébor János 48
Tárczy-Hornoch Antal 49
Homoródy Lajos 50
Milaszovszky Béla 52

Hazay István: Átszámítás különböző ellipszoidokhoz tartozó Gauss-Krüger koordináták között 55

Hozzászólások: Májay Péter 67
Molnár László 68

Kántás Károly: Hazai geoelektromos kutatások 69

Hozzászólások: Feigly Béla 81
Sebestyén Károly 83
Vendel Miklós r. tag 83

Dombai Tibor: A hazai szeizmikus kutatások 85

Kiselőadások: Stegena Lajos:
A szeizmométerépítés problémáiról 93
Sebestyén Károly:
Szeizmikus oszcillográf galvanométer szerkesztése 106
Varga Károly:
Szeizmikus frekvencia vizsgálatok 110
Kollár-Liptai:
Szeizmikus erősítő tervezés 114

Hozzászólások: Renner János 120
Gálfy János 121
Scheffer Viktor 123
Szénás György 124
Egyed László 128
Stegena Lajos 130

Renner János: A függővonalelhajlás 131
Hozzászólások: Rybár István 144
Egyed László 146
Oszlaczky Szilárd 147
Hazay István 148
Homoródy Lajos 149

Scheffer Viktor: Izosztázia 153
Hozzászólások: Tárczy-Hornoch Antal r. tag 172
Kántás Károly 172
Facsinay László 173
Papp Gyula 175
Egyed László 176
Bendeffy László 178

Barta György: A földmágnességi értékek változásának törvényszerűségei hazánkban.. 181
Hozzászólások: Lassovszky Károly 206
Szilágyi Béla 206
Tárczy-Hornoch Antal r. tag 207

Ára: 26.— Ft

Akadémiai Kiadó (Budapest, V., Alkotmány-u. 21.) Felelős: Mestyán János

Akadémiai nyomda, Gerlóczy-utca 2. — 16716 — Felelős vezető: ifj. Puskás Ferenc

MAGYAR
TUDOMÁNYOS AKADÉMIA
MŰSZAKI TUDOMÁNYOK OSZTÁLYÁNAK
KÖZLEMÉNYEI

V. KÖTET 3. SZÁM

SZERKESZTI
HEVESI GYULA

A MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA
1951. DECEMBER 9-15-ÉN MEGTARTOTT NAGYGYŰLÉSÉN
A MŰSZAKI TUDOMÁNYOK OSZTÁLYA FÖLDTANI FŐBIZOTTSÁGA
RENDEZÉSÉBEN TARTOTT ELŐADÁSOK ANYAGA

MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA
BUDAPEST, 1952

VI. OSZT. KÖZL.

MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA
MŰSZAKI TUDOMÁNYOK OSZTÁLYÁNAK
KÖZLEMÉNYEI

SZERKESZTI
HEVESI GYULA

V. KÖTET 3. SZÁM

SZERKESZTŐSÉG: BUDAPEST, V., GÉZA-UTCA 2.
KIADÓHIVATAL: BUDAPEST, V., ALKOTMÁNY-UTCA 21.

A Magyar Tudományos Akadémia Műszaki Tudományok Osztályának Közleményei változó terjedelmű füzetekben jelennek meg. Négy füzet alkot egy kötetet. Évenként általában egy kötet jelenik meg.

Kéziratok a következő címre küldendők:

Magyar Tudományos Akadémia
Műszaki Tudományok Osztályának Közleményei
Budapest, V., Géza-u. 2.

Ugyanerre a címre küldendő minden szerkesztőségi levelezés.

Minden szerzőt ötven különlenyomat illet meg megjelent munkájáért. Közlésre el nem fogadott kéziratokat a szerkesztőség lehetőleg visszajuttat a szerzőhöz, de felelősséget a beküldött kéziratok megőrzéséért, vagy továbbításáért nem vállal.

A Közlemények előfizetési ára kötetenként belföldi címre 20 forint, külföldi címre 30 forint. Belföldi megrendelések az Akadémiai Kiadó (Budapest, V., Alkotmány-u. 21. Magyar Nemzeti Bank egyszámlaszám: 04-878-111-48), külföldi megrendelések a «Kultúra» Könyv és Hírlap Külkereskedelmi Vállalat (Budapest, VIII., Rákóczi-út 5. Magyar Nemzeti Bank egyszámlaszám: 45-790-057-50-032) útján eszközölhetők.

A Magyar Tudományos Akadémia Műszaki Tudományok Osztályának kiadványa az

Acta Technica

című idegennyelvű folyóirat.

E lap hivatott a magyar műszaki tudományok eredményeinek legjavát a külföld felé tolmácsolni. A cikkek orosz, német, angol, vagy francia nyelven jelennek meg lehetőleg a szerző kívánsága szerint, összefoglaló pedig a cikk nyelvén és azonkívül oroszul. Cikkeket magyar, vagy a szerző választotta idegen nyelven a következő címre kell beküldeni:

Acta Technica szerkesztősége, Budapest, V., Géza-utca 2.

A gömöri és rudabányai triász terület hegységszerkezetének vázlata.

Esquisse tectonique du territoire triasique de Gömör et Rudabánya.

Összeállította: Balogh Kálmán
Par: 1951.

Szepes-Gömöri Érchegység

Főcsapásirány Direction générale des couches

Turna

Plešivec

Rudabánya

Őskori kibúvások homlokpereme Bord frontal des affleurements paléozoïques

Sajóvelezd

Sajógalgóc

Upponyi-hg.

Szendrői-hg.

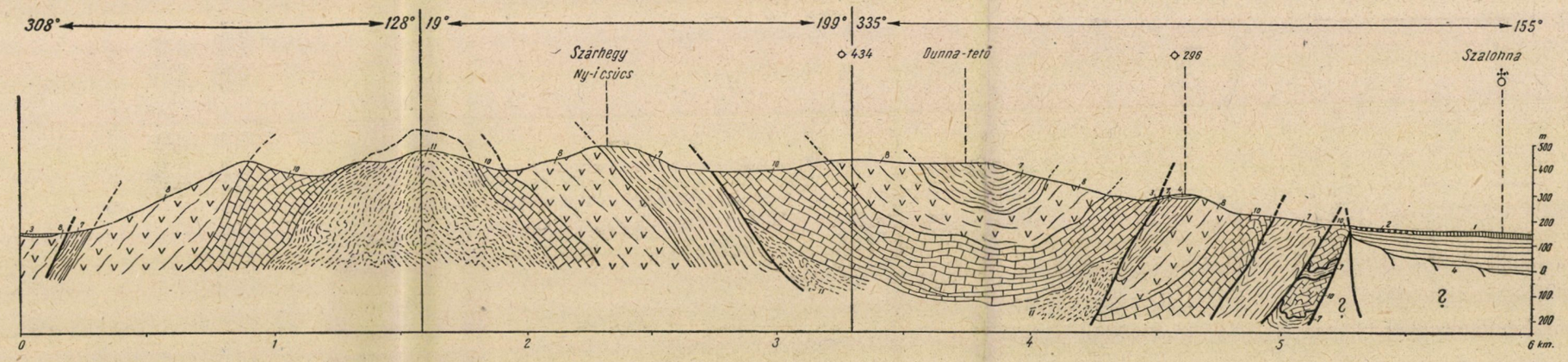
É. N. D. S.

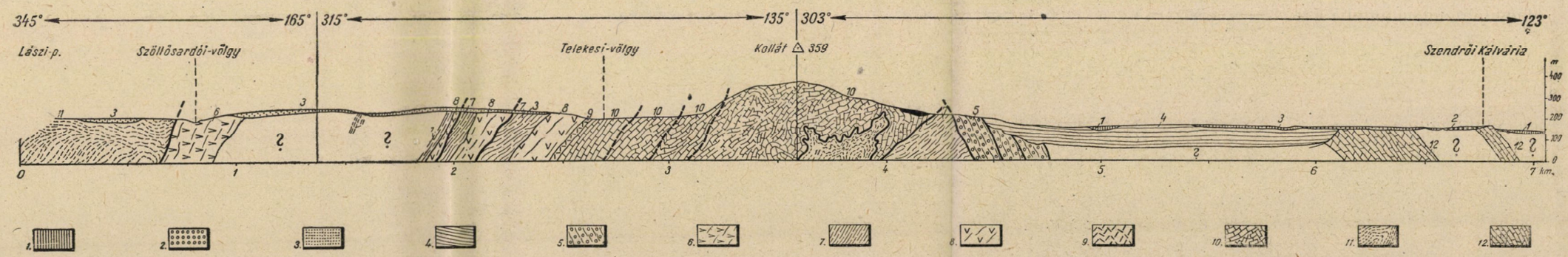
0 1 2 3 km.
MÉRET

Jelmagyarázat
Légende

- Paleozoikum / Paléozoïque
- Alsó-triász / Triasique inferieur
- Érces öv / Zone metallifere
- Középső-és felső-triász / Triasique moyen et supérieur
- Jura / Jurassique
- Glaukofanit / Glaucophanite
- „Gosau" konglomerátum / Conglomérat dit „de Gosau"
- Harmad és negyedkor / Tertiaire et Quaternaire
- Horizontális eltolódás / Faille horizontale
- Csapás és dőlés / Direction et inclinaison des couches
- Pikkelyek (a fogacskák a mozgás irányával szembe mutatnak) / Écailles (les dents sont opposées à la direction du mouvement)
- Törések / Fractures
- Boltozattengely / Axe d'anticlinale
- Teknőtengely / Axe de synclinale
- Feltételezett boltozattengely / Axe d'anticlinale hypothétique
- Feltételezett teknőtengely / Axe de synclinale hypothétique

Harántszelvények a Rudabányai hegységen keresztül





1. Alluvium — Holocén
2. Lejtőtörmelék — Pleisztocén
3. Barnaföld, nyirok, folyóterrasz — Pleisztocén
4. Agyag, homok, kavics — Alsó pannon
5. Durva mészkőkonglomerátum — Mediterrán ?
6. Hallstatti mészkő — Karni-nori ?
7. Szaruköves mészkő, radiolarit és kovapala, fekete agyagpala — Ladin
8. Brachiopodás-algás wettersteini mészkő — Anisusi
9. Cukorszövetű dolomit — Anisusi
10. Guttenstelni dolomit — Anisusi
11. Barna és lilásbarna hnmokkő; barnás és szérke lemezes mészkő, agyagpala és márga — Campili
12. Fehér kristályos mészkő, szürke gprókristályos mészkő és fillites pala — Karbon

ELNÖKI MEGNYITÓ

VADÁSZ ELEMÉR

Tisztelt Akadémiai Osztály-Szakülés

Akadémiai Nagygyűlésünk kongresszusjellegű Földtani Szakülésszorozatát megnyitom s üdvözlöm valamennyi megjelent szaktársunkat, a kiküldött képviseleteket és vendégeinket. Kérem, hogy mai nappal kezdődő előadásainkat ne csak hallgatólagosan, hanem érdemleges tárgyi hozzászólásaikkal is támogassák. Ezt kérve, legyen szabad hozzátennem azt az egyéni kívánalmat, hogy az itt elhangzottakról a tapsok mellőzését szivesen venném, mert inkább tárgyi észrevételeket tartok szükségesnek. Nem mutatványokat végzünk, hanem munkateljesítményeinkről adunk itt számot.

Előadásaink változatos tárgykörével szemléltetni kívánjuk azt a munkát, amelyet a szocialista országépítés szolgálatába állított Magyar Tudományos Akadémia tudományos munkatervében földtani vonalon végzünk. Multévi nagygyűlésünk alkalmával fölvázoltuk föladatainkat és megjelöltük azok megoldásához szükséges szervezési, tárgyi és személyi kérdéseinket. Országos ötéves tervünk keretébe illesztettük közvetlen gyakorlati kutatásainkat s azokhoz fűződő elméleti vizsgálatainkat. A Szovjetunió földtani tudományos tervének példája szerint jelöltük meg tudományos kutatásaink kereteit s a szovjet földtan nagyszabású eredményeit biztosító komplex-módszerrel és együttes munkával törekedünk azok elvégzésére. Ennek a módszernek egyik-másik nálunk új utakat jelölő jelentős eredményéről előadásaink számot adnak. Halaszthatatlan szükségletként jelöltük meg földtani anyagaink rendszeres tudományos földolgozását, amiben évtizedekkel lemaradtunk. Ásványos anyagaink tervszerű vizsgálatának megszervezése elindult, sajnálatosan hiányoljuk azonban, hogy Magyarország földtanához szükséges ősmaradványok összefoglaló tanulmánya, a gyakorlati célokat is kielégítő korszerű biosztratigráfiai kiértékelése terén semmi sem történt, holott az Állami Földtani Intézetben nomen nudumként külön Őslénytani Osztály szerepel.

Mai osztályülésünkön reámutattam kutatási tervünknek arra a súlyos hibájára is, hogy általános munkatervkereteket ad, amelyből konkrét föladatok kollektív végrehajtása és egyéni felelősségű, meghatározott időre szóló munkarészlegek vagy munkateljesítmények teljesen hiányoznak. Ez lehetetlenné teszi a végzett munkák kiértékelését és ellenőrzését s az ellenőrzés az

Akadémiai Bizottság föladata lévén, bizottsági munkánkat valószínűtlenné teszi. Sürgősen föl kell számolnunk a mult rendszeréből ittmaradt munkamonopolizmust, egészséges munkamegosztással nagyobb munkateljesítményt, látható eredményt várunk minden vonalon.

Hibáink fölismerésével és hiányaink nyílt megvallásával máris a javítás útján vagyunk. Kartársaink legnagyobb része megértve a változott idők szavát, a szocialista kultúrforradalom óriási tudományos munkalehetőségeit, fölismeri tudományos munkánk soha nem tapasztalt elismerését és kormányzati méltánylását, példás módon végzi és teljesíti megsokasodott föladatainkat. A határidők betartása körül még sok kívánnivalónk és javítanivalónk van. A munkamegosztás és megfelelő munkaszervezés itt is nagy segítséget jelent. Bárhonnan tekintjük is a kérdést, mindig a kollektív munka szükségéhez jutunk. Tudományunk szétágazódása mellett nem lehetünk ma egyidejűleg kiváló kőzetkutatók és Nummulina-szakemberek is. Nem azért, mert ez kizárja egymást, hanem mert időteljesítményben lemaradunk. Többször reámutattunk már arra, hogy a legkiválóbb tudományos eredmény is csak kellő időben érték, a tudományos megismerések mai iramában könnyen meghaladottá válik, vagy elkésetten értéktelen lesz. Ebbe nem az öncélú »prioritás«-biztosítás az irányadó, hanem tudományos megismeréseinknek a közösség részére való átadása és mielőbbi értékesítése.

Mindezek hangsúlyozásával akadémiai földtani ülésszakunkat azzal a biztos tudattal nyitom meg, hogy hibáink és hiányaink tudományművelésünkben nélkülözhetetlen dialektikus materializmus módszereivel, a marxizmus-leninizmusba való fokozottabb elmélyedéssel biztosan és gyorsan javíthatók. Törekedjünk tehát ennek minél alaposabb elsajátítására is. Ülésszakunk egyikmásik előadásában ilyen irányban is kapunk követendő példát.

A RUDABÁNYAI VASÉRCVONULAT HEGYSÉGSZERKEZETE

BALOGH KÁLMÁN

A Rudabányai-hegység szerkezeti elemzése pontosabban körvonalazza egyetlen nagyobb vasérckincsünk földtani helyzetét. A Gömör-Tornai Karszt nagyjából hasonló kifejlődésű triászvonulatait szögben metsző hegység felületes szemlélettel egységesnek látszhatik, valójában zegzúgos irányok egybefonódása jellemzi. Ezek keletkezésének a hegység keretéből kiinduló magyarázata az Északnyugati Kárpátok és középhegységeink más részein is alkalmazást találhat, ahol az általános csapásból szembeszökően kiugró földtani egységekről van szó (pl. a Kiskárpátokhoz északon csatlakozó mezozóos területen, vagy a Bükkben). Elméleti érdekességük mellett vizsgálataink gyakorlati útmutatást nyujtanak az érces vonulat még ismeretlen folytatásának nyomozásához is.

A hegységszerkezet újraértékelését az 1 : 5000 méretű külszíni és a még ennél is részletesebb bányaföldtani térképezés, valamint a mélykutatás eredményei teszik lehetővé. Ezek alapján a hegységre eddig alkalmazott rétegtani beosztás jelentékeny módosítása vált szükségessé. Pl. : az irodalomban karbonkorinak minősített mészkő, agyag- és kovapala helyét településük, kőzettani jellegük és ősmaradványaik alapján a középső-triász felső részében kellett kijelölnünk. A középső-anisusi világos dolomitot a hegység déli részében önálló szintként különböztettünk meg. *Pálfy M.* felső-triász képződményeit a középső-triász különböző emeleteibe soroltuk. Megfigyeléseink során kiküszöbölni igyekeztünk minden következetlenséget, amely eddig különösen az alsó-triász képződmények értékelésében mutatkozott. A rétegtani alap ilyen megváltozása természetesen új szerkezeti elgondolás csíráit hordozza magában [1., 3.].

A hegység környezetének átfogóbb megismerése a régi felfogás [5.] több végső következtetését megcáfolta. Érctermő vonulatunk nem állítható élesen szembe a Gömöri Karszttal, mert rétegsoraikat átmenetek kötik össze, szerkezeti irányaik pedig fokozatosan egymásba simulnak. A mezozoikumnak az ókori alaphegységkibúvásokhoz való kapcsolata éppen ellenkező lehet, mint korábban vélték. A szerkezeti mozgásoknak és az ércesedésnek a Borsodi-medence kialakulásához (alsó-mediterrán) való kapcsolása merőben önkényes feltevésnek bizonyult. — Az alsótelekesi gipszlelet — bár a rudabányai vonulat

belsejében gipszet még nem találtak — megkönnyíti a gyakran bámulatosan bonyolult pikkelyek keletkezésének magyarázatát. Fontos új mozzanat a hegység megismerésében a bódvavölgyi nátrongabbró-tömzsök kipuhatolása és vizsgálata.

Nagy mértékben megváltozott ezenkívül az érc keletkezésére és térbeli helyzetére vonatkozó szemléletünk [4.]. Rudabányán az érc túlnyomó része werfeni pala és homokkő közé gyúrt alsó-anisusi dolomittestek hidrotermális metaszomatózisa révén keletkezett. Kétségtelenül werfeni »alapanyagú« ércesedés csak elszigetelten, főleg Alsótelekes környékén mutatkozik. Martonyi, valamint Uppony érces és meddő dolomitrögeinek helyzete csak annyiban különbözik a rudabányaiakétől, hogy az őket körülzáró meddő kőzetek zöme nem alsó-triász, hanem fekete ladini agyagpala. A szerkezeti kisformák alapos megfigyeléséből kitűnt, hogy a vasérc megjelenése egyáltalán nem telepszerű (vagyis nem követ határozott szintet vagy szinteket, és nincs nagy vízszintes kiterjedése). Az érc csapásirányban elnyúló, szabálytalan testeket formál, amelyek néha több sorban rendeződtek, azonban egymással össze nem függenek, mert a rendkívüli mozgékonyságú pala-közbeékelődések teljesen körülfogják azokat. Valószínű, hogy az érctestek eredetileg nagyobbak voltak és mai felaprózottságuk későbbi mozgások következménye. Bizonyosra vehető azonban az is, hogy a metaszomatózis már *nem összefüggő rétegben* érte az alsó-anisusi dolomitot, mert a teljes átalakuláshoz szükséges átitatódás csak nagy likacstérfogatú, tehát előzőleg alaposan összezúzott kőzetben következhetett be. Igen helyesen mutatott rá *Pantó G.*, hogy a metaszomatózisnak mintegy előfeltétele volt a kőzettömegnek erőteljes hegységképződési szakaszban való szétdarabolódása és összezúzódása. — Ebből következik, hogy minden olyan kísérlet, amely a különálló érctesteket egy vagy több telepbe igyekszik összefoglalni, hogy e »telepek« segítségével szerkezeti kérdéseket oldjon meg, eleve kudarcra van ítélve. *A rendszertelenül gyűrt palatömegbe zárt, elszigetelt érc- és dolomittestek szerkezetileg igen erősen igénybevett hegységövek óriásbreccsaszerű képződményeinek tekinthetők.*

A képződmények megoszlásából következtetve, a rudabánya-alsótelekesi érces szakasz többszörösen átpikkelyezett boltozat magvát jelöli, amelyhez mind észak, mind kelet felé egyre fiatalabb képződmények szárnypikkelyei csatlakoznak. Alsótelekestől kezdve a boltozatmagvat jelölő campili pala a hegység keleti peremére szorul, s egyre gyérülő érces nyomoktól kísérve, csakhamar végleg el is tűnik. Helyébe, a boltozattengely alámerülése következtében létrejött szigmoidális csapásváltozással, anisusi dolomit és világos mészkő lép. A redőtengely alámerülésével magyarázható a bódvamenti nagy ladini rétegteknő keletkezése is, amelyre nyugat felől a Gömöri Karszt apró, hegységperemi pikkelyei tolódtak.

A »boltozat« minden szakasza részaránytalan. Legjobban összepréselt, egyszersmind legmagasabbra emelt és ércben is legdúsabb része Rudabánya

környékére esik. Északabbra a szerkezet egyszerűsödik, háztetőszerűen szembeforduló, ellentétes dőlésű részletpikkelyeket látni, s az ércesedés erőssége a felszínen csökken. Délen, a gyengén fejlett nyugati szárnnyal szemben, erőteljes keleti szárnyat látunk, amelynek legkülső, északnyugati dőlésű, feltehetően átbuktatott ladini pikkelyében a képződmények kihengereltsége, hidrotermális elváltozások és kvarcerek jelentékeny elmozdulásokra és az ezeket kísérő jelenségekre utalnak. Alsótelekestől északra viszont a keleti szárny jelentéktelen: csak a ladini palákba belegyúrt dolomit- és mészkőrögök sora jelzi. A sokkal hatalmasabb nyugati szárnyat előbb néhány guttensteini és világos dolomitból álló pikkely, majd egy — a gutensteini dolomittól a ladini paláig terjedő, nyugati vagy északnyugati dőlésű rétegsorozat alkotja, amelyhez nyugat felől kisebb— többnyire már pannóniai rétegekkel eltakart — pikkelyek csatlakoznak.

A keleti szárnyban mutatkozó jelenségek s a nyugati szárnynak a keleti szárny rovására történt hatalmas kifejlődése arra mutat, hogy boltozatunk kelet-délkeleti irányú rátolódás következtében pikkelyeződött át, miközben keleti szárnya a szendrői paleozoikum felé át is bukott.

A bódvántúli hegységrész több nagyobb vonalú szerkezeti egységből áll. A Telekes-oldal nagy ladini depressziója a szerkezeti tengely felemelkedése — és részben egy északnyugat-délkeleti irányú elmozdulás — következtében a Dunnatető szinklinálisában folytatódik. Ehhez dél-délkelet felé néhány kisebb, délkeleti irányítottságú (vergenciájú), anisusi pikkely csatlakozik. A szinklinálist északnyugat felől éles szerkezeti vonal választja el a Fehérkő—Szárhegy—Poroszka-bérctől közrefogott hatalmas boltozat délkeleti szárnytól. A településből itt északnyugat felé történt rátolódásra következtethetünk. A boltozatnak csupán déli és nyugati szárnya fejlődött ki teljesen. Keleten észak-déli irányú szerkezeti vonal különíti el a Tilalmas-bérc ladini depressziójától, az Osztramos és Tornaszentandrás környékén pedig változó irányítottságú, jellegzetes pikkelyes öv csatlakozik hozzá. E szerkezeti egységek vezérvonalai a hegység fő csapásirányától gyakran eltérők és egymást is metszik. (Hasonlót a rudabányai-alsótelekesi szakaszon is megfigyelhetünk.) A keleti perem közelében azonban belesimulnak a déli hegységrészből ide is áthúzódó, bonyolult perempikkelyek észak-északkeleti irányvonalába. Jelentősebb ércesedésnek a nyugodtabb településű részeken nyoma sincs, rudabányai jellegű, de kisebb érctestek csak a perempikkelyek övében — Martonyinál — keletkeztek, a ladini palákba belegyúrt gutensteini dolomitrögök áttestesülése révén. A többi hidrotermális ércelőfordulás, így a tornaszentandrási *ankerit* is, másodrangú rátolódási síkokhoz van kötve.

A Rudabányai-hegység szerkezetét a határos területek részletes ismeretében nem tekintjük a Gömöri Karszttól függetlennek [2.]. A nyugat-keleti gömöri vezérvonalaknak a rudabányai csapásba való belesimulása a Lászimalomtól Perkupán át Bódvaszilasig nyomozható. Az északi Bódva-medencének a csermosnyavölgyi glaukofanitokkal rokon intruzívumai, a bódvaszilasi

Akasztópart függőlegesen álló rétegei, a Bódvarákó 3. sz. fúrás kvarcerekkel hálózott, hasonló helyzetű ladini palája, s a perkupai fúrásokban feltárt gipszes breccsa arról tanúskodnak, hogy a Cinegés-pusztától a Szalonna 1. sz. fúráson és a Szőlősardói-völgy alsó szakaszán keresztül húzódó tektonikus öv észak felé előbb csak alluviális hordalékkal, majd fokozatosan vastagodó alsó-pannóniai üledékkel eltakarva folytatódik. Az öv pontosabb leírásához jelenlegi ismereteink még nem elegendők. Egyik részletébe a perkupai gipszfeltárás nyujt rövidesen bepillantást.

A triász összletnek a paleozoikumra való közvetlen rátelepülését a Rudabányai-hegységben nem ismerjük. (Olyan mélyebb fúrás lehajtása, amely ezt feltárhatná, megfelelő berendezés hijján, eddig még nem sikerült.)

Az érctermő hegységet a szendrői paleozoikumnak a rozsnyó-kassaiéhoz hasonlóan irányított ívétől több kilométer széles pannóniai medence választja el. A triász és paleozoikum elfedett érintkezése minden esetre tektonikus, a triászvonulatok allochton helyzetének feltételezésére azonban semmi okunk nincs. Azok különleges, a főcsapástól eltérő irányait, a gömöri vezérvonalaknak szomszédságukban észlelt módosulásait, a mezozóos összletnek a szendrői hegységíven való megtorlódásával magyarázhatjuk. Az egyazon üledékgyűjtőben lerakódott gömöri és rudabányai triászrétegek felé a Szepes-Gömöri Érchegység, illetve a szendrő—upponyi vonulat — természetesen saját irányain megszűrve — közvetítette az eredetileg észak-déli hegységképző nyomást. Ez az Érchegységhez képest átlós helyzetű szendrő-upponyi vonulat északnyugati irányú alátolódását, illetve a rudabányai triász délkeleti irányú rátolódását eredményezte. A paleozóos kibúvások peremvonalához a rudabányakörnyéki szakasz esik legközelebb A szerkezeti irányok itt egyeznek meg legjobban a szendrői irányokkal. Valószínűleg ennek következménye, hogy a hegység legjobban összepréselt és legmagasabb helyzetű részei is ideesnek. A bódvántúli, változó irányú, nagyobb méretű szerkezeti egységek létrejötte yiszont éppen a paleozóos ívtől való eltávolodásukkal, s az ennek következtében támadt, különböző irányú és nagyságú, helyi igénybevételekkel függhet össze.

A szerkezeti kép kialakulását az is befolyásolta, hogy a rétegsorban *két mozgékony összlet* (a werfeni és a ladini) között foglal helyet a ridegebb dolomit- és mészkősorozat. A redőmagvak feltűnően mozgékony campili palái az eredetileg egyszerűbb redőboltozatok erős átpikkelyeződésére nyujtottak lehetőséget. A peremi helyzetű ladini márga- és palavonulatok az amúgy is megrövidült, átbuktatott redőszárny kihengerlődését segítették elő; az ellenkező, megnyujtott szárnyon pedig más pikkelyek csúsztatóanyagául szolgáltak.

A főmozgások, az ércesedés, a nátrongabbró-intrúziók és kvarcporfirtömzsök kora pontosan ugyan nem rögzíthető, mégis leginkább az ausztriai és larámiai hegységképző fázisokkal hozható kapcsolatba A korkérdést illetően annak a keleti hegységperemet kísérő, igen meredek délkeleti dőlésű, durva és — sajnos — kövülettelen mészkőkonglomerátumnak volna nagy jelentősége,

amelyet *Pálfy* nyomán a szerzők hosszú sora tévesen alsó-pannóniainak vett. Magam feltétlenül idősebbnek, legalább is mediterránnak tartom; legújabban *Schréter* a bükkhegységi *gosau*-rétegekkel párhuzamosítja. Érdekessége, hogy településében a mezozóos irányítottsággal éppen ellentétes szendrői irányítottság érvényesül, jelezve, hogy a paleozoikum kezdeti alátolódását a későbbi fázisokban ellenkező értelmű mozgás válthatta fel. A déli Bódva-medencében az eddig alkalmazott geofizikai módszerekkel (Eötvös-inga, mágneses felmérés) várakozásunk ellenére sem sikerült a csermosnya-völgyihez vagy a bódvarákóihoz hasonló eruptív tömegeket kimutatni. A triász összletnek az alaphegységgel való érintkezését azonban részleteiben mindenesetre igen bonyolultnak kell tartanunk.

Az érces oldatok az első hegységképződési szakaszban leginkább megdolgozott sávokban törhettek fel. Az eredeti kőzetanyag áttestesülése azonban ilyen helyeken is csak bizonyos feltételek mellett következett be. Ezeket a feltételeket még ma sem ismerjük pontosan. A bányaműveletek a rudabányai érces övnek csak felszínközeli részét tárták fel, s egyelőre még az ércesedés mélységi kiterjedéséről sincs megbízható adatunk. Hasonló azonban a helyzet az ércesedés hossz- és harántirányú kiterjedését illetően is.

Az ércesedés jellege távolmagmás metaszomatózisra utal. Bizonyos valószínűsége van annak, hogy az érces oldatok feltörése a Szepes-Gömöri Érchegység »fiatal« gránitjainak (Betlér, Hnilec, Aranyida—Zlata Idka stb.) utómagmás működésével kapcsolatos. E gránitkibúvások körül a teléres és metaszomatikus ércelőfordulások öves megoszlását állapították meg. Elképzelhető, hogy a Rudabányai-hegység ércesedése ennek az utómagmás működésnek külső, távoli övét jelenti.

A Rudabányai-hegység harmadkori mozgásai — közvetlenül rátelepülő paleo- és neogén üledékek mai hiányos ismeretében — egyelőre nem különíthetők el. Annyi azonban bizonyos, hogy a Borsodi-medence nyugodtabb településű harmadkori üledékeiben észlelt vetős elmozdulások mechanikája merőben más, mint a triász alaphegység gyűrődéses és pikkelyes mozgásaié, s csak irányaiban követi az idősebb vezérvonalakat. A hegység mai körvonalait alsó-pannon utáni elmozdulások szabták meg. Itt-ott kimutathatók harántvetők is.

Érctermő hegységünk Rudabányánál lesüllyed. Folytatása a borsodi oligocén-miocén medence fenekén — még kikutatandó mélységben — bizonyára megvan, felszínen csak a sajóvelezdi és upponyi részben ércesedett triászrögöcskékben jelentkezik. Az upponyi Zsinnyén és környékén telepített fúrások, vékonyabb-vastagabb alsó-mediterrán rétegek alatt, fekete ladini agyagpalába gyúrt, összezúzott gutensteini dolomitrögöket tártak fel. Az itteni viszonyok tehát a martonyi-i kifejlődésre emlékeztetnek.

Kissé északabbra, a »Bánya« nevű helyen, a délkeleti igen meredek dőlésű karbonsziklák aljában telepített 8. sz. fúrás igen érdekes eredményt hozott. 26 m-ben harántolva a tektonikusan egymásba gyúrt werfeni palából és gyöngén

ércesedett gutensteini dolomitból álló triászrögöcskét, szemmelláthatóan zavart-helyzetű oligocén márgába jutott bele, s ebben haladt a befejező 250 m mélységig. Az innen északnyugat felé mintegy 250 m-re lemélyített Uppony 9. sz. fúrás, 31,5 m vastag mészkőkavics (patakhordalék) alatt (amelyben triász anyagon kívül bőven akadt paleozói darab is), ugyancsak oligocén márgát tárt fel. Mindez a bükkszéki Darnó-áttolódás viszonyaira emlékeztet és oligocén utáni, északnyugati irányú mozgást jelez A rátolódás mértékéről elegendő adat hiányában korai volna még véleményt mondani. Nagy kérdés u. i., hogy a gosau-konglomerátum keletkezése idején még kétségtelenül magasra emelkedő, s a Rudabányai-hegység folytatását alkotó upponyi triász-hegységből mennyit hagyott meg a lepusztulás, mennyi süllyedt le belőle az oligocén folyamán tetemes mélységre és mekkora részletére tolódott rá ezután a paleozoikum? Azonban mindenesetre lehetséges, hogy — nagyobb mélységben — esetleg ércesedett triászösszletre számíthatunk a rátolódott ókori mészkőtömeg alatt is.

Az eddigi hegységszerkezeti megállapításokból az érckutatás számára a következő tennivalók adódnak :

1. Az eddigieknél jóval mélyebb fúrásokkal feltárandó a rudabánya-alsótelekesi szakasz az ércesedés mélységi kiterjedésének s az érces vonulat mélyfekvőjének megállapítása céljából.

2. Fúrásokkal feltárandó a bonyolult szerkezetű keleti hegységperem és a paleozoikummal való érintkezés sávja.

3. Alkalmas geofizikai eszközökkel megállapítandó a Borsodi-medence Rudabánya és Uppony közötti részén a medencefenék mélysége és domborzata, abból a célból, hogy a kedvezőnek ítélhető szakaszokon — elsősorban Upponyra és Sajóvelezdre támaszkodva — érc- és szerkezetkutató mélyfúrásokat telepíthessünk.

4. Kutatóaknákkal és a régi vágatok újranyitásával továbbvizsgálandó az uppony-környéki triász kibúvások földtani helyzete, különösen a paleozoikummal való érintkezés jellegének megállapítása céljából. A Zsinnyén félbeszakított 6. sz. mélyfúrás ugyanezért mielőbb folytatandó.

Ezen irányelveken alapuló kutatás során olyan újabb adatokra tehetünk szert, amelyek alapján a hegység szerkezetéről a fent vázoltnál sokkal tökéletesebb képet alkothatunk. Az érces zónák bonyolult szerkezete a kutatást rendkívül megnehezeíti. Annak sikerét tehát csak a megfelelő tudományos és műszaki felkészültség, a szívós kitartás, a rendületlen derűlátás és az ezekkel párosult bányász-szerencse biztosíthatja.

Az előadáshoz hozzászólt :

FÖLDVÁRI A., OSZLACZKY SZ.,
HORUSITZKY F., PÁVAI VAJNA F.,
PANTÓ G., PODÁNYI T.,
VENDEL M.

IRODALOM:

1. *Balogh K.:* Az északmagyarországi triász rétegtana. — Földtani Közlöny. 1950. 7—9. f.

2. *Balogh K.:* Adatok a Gömör-Tornai Karszt geológiájához. — A M. Áll. Földtani Int. évi jel. *B)* Beszámoló a vitaülésekről. X. k. 1948. p. 107—116. — Beiträge zur Geologie des Gömör-Tornaer Karstes. Ibidem. p. 117—129.

3. *Balogh K. — Pantó G.:* A Rudabányai-hegység geológiája. — A M. Áll. Földtani Int. évi jel. 1949. — Sajtó alatt.

4. *Pantó G.:* Szerkezeti és ércképződési megfigyelések a rudabánya—tornaszentandrási vasércvonulaton. — Structural control of metasomatism in the iron ore deposits of the Rudabánya-region. — Földtani Int. évi jel. *B)* Beszámoló a vitaülésekről. X. 1948.

5. *Pálfy M.:* A Rudabányai-hegység geológiai viszonyai és vasérctelepei. — A m. k. Földtani Int. évkönyve. XXVI. k. — Geologie und Eisenerzlagerstätten des Gebirges von Rudabánya. Jahrbuch d. k. ung. Geol. Anstalt. Bd. XXVI.

RADIOAKTÍV ANYAGOK GEOKÉMIÁJA A MECSEK-HEGYSÉGBEN

FÖLDVÁRI ALADÁR
(Debreceni Tudományegyetem)

A kutatások története. Szalay Sándor professzorral munkaközösségben folytatott kőzetradiológiai kutatásokat a már közzétett Velencei-hegységi mérések befejezése után 1949. és 1950. években a Mecsek-hegységben folytattuk. Az első évben végzett mérések eredményei alapján figyelmünk az üledékes kőzetek, elsősorban a kőszéntelepek felé irányult. Nemcsak a Mecsek-hegységben, hanem más szénterületeken is végeztünk méréseket. A munkánk itt belekapcsolódott *Vitális Sándor*, a Bánya és Energiaügyi Minisztérium Földtani Főosztálya vezetője által megszervezett, nagyarányú tervbe, mely a magyarországi kőszenek minden vonatkozásban való tudományos kutatására megindult. Fáradhatatlan támogatásának köszönhetjük, hogy munkánk eredményt ért el. A kőszéntelepekre vonatkozó részletes mérési eredményeket más alkalommal közöljük, mivel azokat még folytatjuk, a Mecsek-hegység kőzeteire vonatkozó eredmények azonban már befejezettek és így közölhetők. Szükségesnek tartottuk azonkívül azoknak az általános jelentőségű eredményeknek a közlését is, melyekre az eddigi mérések során jutottunk és amelyek a radioaktív anyagok kutatása terén új utakat nyitnak meg. Kutatásainkat támogatta a Magyar Tudományos Akadémia. A terepmunkákat a M. Áll. Földtani Intézet keretében végeztük, melynek igazgatósága, elsősorban *Majzon László* támogatását kell köszönettel kiemelnünk.

A Mecsek-hegységi helyszíni mérések eredményei. A méréseket más, javított módszerekkel végeztük a Mecsek-hegységben, eltérően a régebbi, Velencei-hegységben alkalmazott módszerektől. A Velencei-hegységben végzett első méréssorozatban [1.] rájöttünk az egyenlőtlen felszín okozta hibákra. Ezek kiküszöbölésére a kőzetbe mélyített furatban való mérést vezettük be, mely ily módon minden kőzetben egy körülbelül 40—50 cm sugarú, gömbalakú kőzettest sugárzását adja meg.

A Velencei-hegységben akkor csupán Velence község határában, a Retezi-féle kőfejtőben végeztünk furatban mérést. Emlékeztetőül közlöm az itt kapott értéket :

	Kőzetsugárzás 20 perc alatt	Kőzetsugárzás Kozmikus sugárzás
Gránit, Retezi kőfejtő, furatban mérve	5170	6,42
Gránit, Retezi kőfejtő, függőleges kőzetfalon mérve	1990	2,48

Amint látjuk, az első mérési sorozatunknak a felszínen mért értékeinél ebben az esetben közelítőleg 2,5-szer nagyobb értéket ad az egységesen gömbalakú kőzettestben mért javított módszerű mérés.

1949-ben a Velencei-hegységben újra végeztünk furatban néhány mérést, ezek eredménye:

	Kőzetsugárzás
	Kozmikus sugárzás
Gránitporfir, Pátka, Sági-major kőfejtője	4,55
Gránit, Pátka II. kutató akna	1,82
Kaolinosodott gránit, Pátka II. kutató akna	2,5

Az összehasonlítás tehát a Velencei-hegységben végzett első méréssorozat és a furatban mért későbbi értékek között úgy lehetséges, hogy a felszíni mérések eredményét 2-vel szorozzuk. (Ez a 2 szorzószám csak közelítő általánosítás, mivel a felszín szabálytalan geometriája meghatározhatatlan, minden egyes mérésnél változó szorzószámot ad. A 2 szorzószám arra az ideális esetre vonatkozik, mikor a mérés vízszintes, vagy függőleges sík kőzetlapon történt és így a kőzetből félgömbnek megfelelő kőzettestből jut sugárzás a készülékbe.)

A Mecsekben használt javított készülék, kevésbbé érzékeny, kisebb Geiger—Müller számlálócsövet tartalmazott műszerszerkesztési okokból. Ezt a csőméretet úgy választottuk meg, hogy érzékenysége éppen fele akkora volt, mint a Velencei-hegységi első méréssorozatban használt számlálócsőé. Ezért tehát a Mecsek-hegységi méréseket összehasonlítás kedvéért 2-vel kell szorozni a Velencei méréssorozattal való összehasonlítás céljából.

Végeredményben tehát a javított módszer alkalmazása miatt a velencei 1. méréssorozatban mért 20 perces sugárzási számokat a mecseki új méréssorozat számaival úgy lehet összehasonlítani, hogy először a velencei hegységi felületen nyert sugárzási számokat 2-vel szorozzuk (a Mecsekben alkalmazott furatban való mérés miatt); másodszor 2-vel osztjuk a Mecsekben alkalmazott fele akkora érzékenységű számlálócső használata miatt. A 2-vel való szorzás és a 2-vel való osztás kiegyenlíti egymást és így a Velencei-hegységi 1. méréssorozat számszerű értékei *közvetlenül* összehasonlíthatók a Mecsek-hegységben kapott számokkal. A kőzetsugárzás: kozmikus sugárzás viszonyszáma, amelyet a következőkben *J*-vel (a sugárzás intenzitása rövidítéseként) fogunk jelölni, semmiféle átszámítást nem kíván a különböző mérőcsövek, sőt különböző készülékek és eljárások alkalmazása esetén sem. Ezért tartjuk nagyon célszerűnek az alkalmazását. (A sugárzó anyag mennyiségének grammokban való megállapításánál azonban a különböző mérőcsövek és készülékek kozmikus sugárzási értékének (0 effektusának) ismerete szükséges, hogy a különböző készülékekkel mért értékeket arányosítani tudjuk.)

A Mecsek-hegységre vonatkozó irodalom alapján lehetőség szerint minden kőzetfajtát igyekeztünk a méréseinknél tekintetbe venni. Megjegyzem

azonban, hogy a mecseki eruptív kőzetek korszerű feldolgozása még nem történt meg és így a jövőben még sok új kőzettípus előfordulását fogják jelezni a hegységből, amelyekről ma még nem tudunk. Kőzetmegnevezéseinkben a régi irodalmat használtuk, ezért várható, hogy a későbbi kutatások az egyes gránitfajtákat más névvel fogják megnevezni. Ezért fontosnak tartjuk a vizsgált kőzet pontos lelőhelyének megnevezését.

Gránitok sugárzási értékei. A gránit előfordulásoknál tekintetbe vettük azt a Mecsek-hegységtől messze nyugatra levő előfordulást is, melyet *Stefanovics Pál* fedezett fel Nyugatszenterzsébettől északra 2 km-re pliocén és pleisztocén rétegek területén. Ez az előfordulás rendkívül fontos a Mecsek-hegységi gránit területe kiterjedésének megállapítása szempontjából. Mórágytól Pécsig az eddig ismert gránitterületnek felszíni kibúvásai mintegy 40 km csapáshosszúságban helyezkednek el. Pécstől Nyugatszenterzsébetig további 30 km távolság van. Ez az adat jelzi, hogy a Mecsektől délre levő, nagyrészt fiatal rétegekkel eltakart gránitterület legalább is kétszer oly nagy csapáshosszúságú, mint az eddig ismert gránit-hegység. A mecseki gránitok aktivitása mindenütt nagyobb a velencei gránitokénál. A Velencei-hegység Retezi-bányabeli és Sági-majori kőzetei elérik a mecseki kőzetek sugárzási értékeit. Mégis átlagosan véve a mecseki gránitokat aktivabbnak mondhatjuk. A mikroszkópi vizsgálat szerint a biotitokban megfigyelhető radioaktív halok (pleochroos udvarok) a mecseki gránitokban sokkal gyakoribbak, erőteljesebbek, úgyszólván minden csiszolatban azonnal szembetünnek. A Velencei-hegységi gránitokból csak a Sági-major gránitporfirjában találtam a mecsekinél kevesebb és kisebb halokat. A sugárzás erőssége a kozmikus sugárzáshoz képest 4—5-szörös, kivételes esetekben, *sötét elegyrészekben dús kőzetfajtákban megközelíti a 7-szeres* értéket. A sugárzó anyagok mennyiségi eloszlására vonatkozó mérésekkel *Szalay Sándor* kartársam még nem készült el, így az egész sugárzást úgy számítottuk ki, mintha teljesen tóriumtól származna. Az ilyen tórium equivalensekben megadott összes sugárzó anyag mennyisége a gránitokban tonnánként 36—120 gr közt váltakozik. Ennek egy része urániumtól ered ; hogy mekkora része, azt csak *Szalay Sándor* idevonatkozó laboratóriumi mérése alapján később tudjuk megadni. Feltűnő ezekben az adatokban, hogy a sötét elegyrészekben gazdagabb, tehát *bázikus differenciátumokban van sugárzó anyag dúsulás.* Az irodalom szerint feldúsulást eddig csak a savanyú differenciálódás irányában találtak. Ez az egyik új geokémiai megállapításunk.

A gránitok telérkőzetei. A gránitaplitok és lamprofirok közül csak olyanokat mértünk, melyek elég széles telért képeztek ahhoz, hogy egységes sugárzást kaphassunk. Itt megállapítható volt mind a savanyú, mind a bázikus differenciálódási irányban az aktivitás növekedése. A bázikus kőzetekben azonban sokkal erőteljesebb volt. Ezek sugárzási intenzitása megközelítette a 7,5-szörös értéket. Ez egybehangzó a bázikusabb gránitfajtákon nyert megállapításunkkal, sőt mivel a teléreket még bázikusabb differenciációs termékeknek kell tekin-

tenünk, az intenzitás növekedése mennyiségileg is párhuzamosan nő a bázikussággal.

Mauritz Béla legújabb vizsgálatai olyan kőzeteket is mutattak ki a Mecsekhegység intruzív kőzetei közt, melyek nem tartoznak a gránitok csoportjába. Ezért meg kell a jövőben azt is vizsgálnunk, hogy az általunk mért lamprofir és aplit telérek valóban a gránitok differenciációs termékei-e, vagy más intruziók termékei?

Alkáli kőzetek aktivitása. A mecseki alkáli kőzetek aktivitására vonatkozó méréseink is új geokémiai megállapításra vezettek. A fonolitokat nagy aktivitásúnak mértük. Intenzitásuk 5,5—6,8. Később a komlói szénbányában végzett méréseinkben *Székyné Fux Vilma* vizsgálatai alapján kimutatott fonolitos telérkőzetekben általában véve szintén igen nagy sugárzási értéket mértünk, ez 2,8—8,3 közt váltakozik. 9-szer mértünk 5-nél nagyobb értéket és csak 3-szor 5-nél kisebbet. A sötétebb színű telérek és telérrészek intenzitása kisebb. Egy vastag telér közepén szintén kisebb értéket kaptunk mint a két szélén. A trachidoleritek aktivitása mind a bányában, mind felszínen igen kicsiny. Két esetben mértünk; az értékek 0,75 és 1,3. Ez a két mérés természetesen nem jelenti ennek a változatos kifejlődésű kőzetcsoportnak a teljes jneddőségét; az első tájékozódó vizsgálatoknál azonban elégnek tartottuk, hogy más gazdagabb kőzettípusok felé irányítsuk a figyelmünket.

Bátapátin, a Köves-patak kőfejtőjében különleges kőzettelért találtunk, ennek aktivitása szintén nagy, két mérésünk egyformán 7,95 intenzitást adott. Erről a kőzetről *Mauritz Béla* vizsgálatai kimutatták, hogy rendkívül alkálidús bostonit, tehát az alkáli kőzetek tipikus intruzív formája.

Az alkáli kőzetek bázikus mélységi fajtája az essexit viszont 0,56 intenzitással a legkevésbbé aktív kőzetek közé tartozik.

Az alkáli kőzetekkel kapcsolatosan tehát megállapítottuk, hogy aktivitásuk a gránitokénál is nagyobb.

Differenciációjukban a savanyú aplitos irányban erős feldúsulás mutatkozik, a bázikus irányban elszegényülés radioaktív anyagok tekintetében.

Megjegyzem, az irodalomban voltak elszórt megjegyzések az alkáli kőzetek nagyobb aktivitására vonatkozólag, de ilyen határozottan, mint azt a vizsgálati anyagunk mutatta, sehol sem írták le. Ez lenne tehát vizsgálatainknak második geokémiai eredménye. Kérdés most már az, hogy a gránitos kőzetekben és az alkáli kőzetekben a két fő radioaktív elem, az urán és a tórium aránya ugyanaz-e? Lehetséges ugyanis, hogy az alkáli kőzetek, melyek cirkonban gazdagabbak, a cirkonásványokban rejtve nagyobb mennyiségben tartalmaznak tóriumot és ez okozza az alkáli kőzetek nagyobb aktivitását. A gránitban pedig az urán javára tolódik el a Th : U arány.

Andezitek. A komlói andezit bányában több méréssel meggyőződtünk, arról, hogy a mecseki andezit 3,63 intenzitásával, ugyanúgy mint más hegységeink andezitjei, a kisebb aktivitású kőzetek közé tartozik. (Andezitjeinkre,

melyek igen nagy területen és változatos kifejlődésben találhatók az ország területén, véglegesen véleményt mondani csekélyszámú andezitméréseinkből nem lehet.)

Üledékes kőzetek. A gránitos kőzetek lepusztulásából keletkező perm rétegsor aktivitása várható volt, de 2,0 intenzitását igen kicsinek kell tartanunk még akkor is, ha tekintetbe vesszük a Balatonalmádin ugyancsak permi homokkőben kapott legkisebb értéket. Ebben az irányban további vizsgálatok szükségesek, ezeket 1952. évre tervezzük.

A mezozói rétegsorozatban a Kantavári kőfejtő wengeni palás mészkövének intenzitása 2,0 és a különböző juramészkövek sugárzásának intenzitása szintén kicsiny. Úgy látszik, mintha az agyagtartalmukkal együtt növekedne az aktivitásuk.

A felszínen csillében mért szászvári liász szén 2,85 intenzitása a szenek felé terelte a figyelmünket. Különösen ebbe az irányba fordultunk vizsgálatainkkal, mikor a mecsekszabolcsi esésxit fedőjében levő, a liászkor kőszéntartalmú rétegcsoportjába tartozó vékony széncsíkokat tartalmazó kőszénpala intenzitását 8,22-nek találtuk.

Ez a felfedezés egészen más irányba, az organikus, széntartalmú üledékek irányába terelte a munkánkat. 1950. évben a Mecsek-hegység széntelepeinek mérését kezdtük meg. Ezután pedig a *Vitális Sándor* által megszervezett, a magyarországi kőszéntelepek minden irányban való tudományos vizsgálatát célzó széleskörű munkába kapcsolódtunk be, elvégezve a feldolgozásra kerülő kőszenek radiológiai vizsgálatát. A kőszénvizsgálatokra vonatkozólag *Szalay Sándor* és én is, csak az általános, tudományos szempontból új megállapításokat ismertetjük. A szenekről általában a kapcsolatos területi és geokémiai megállapításokat *Szalay* kartársam mostani előadásában ismertette. Ezekből az eredményekből csak a Mecsek-hegység geokémiájára fontos adatokat emelem ki. A komlói kőszénbánya liászkori kőszéntelepeinek mérésekor az egyes kőszéntelepek 0,9—8,3 közt ingadozó értéket adtak. Néhány egészen vékony kőszéntelep értéke a legmagasabb. A vastagabb és hamuszegényebb kőszéntelepek aktivitása általában kisebb. A kőszéntelepes csoport homokkövei adták a kőszén kísérő kőzetei közül a legkisebb aktivitást, 1,4—3,0 körüli értékkel. Aktivitásuk akkor volt nagyobb, mikor kőszéncsíkokat tartalmaztak. A kőszénpalák aktivitása 2,95—12,78 értékek közt változott.

Megvizsgáltuk még a miocénkori hidasi kőszénbányát is. A lignit aktivitása 0,5—2,3 közt változott, a liász kőszéntelepekhez képest elenyésző érték ez. A lignitet kísérő kőzetek közül az agyag intenzitása 2,5, a diatomapaláé 0,6.

Összevetve a mecseki kőszéntelepekre vonatkozó eredményeket más kőszéntelepeken végzett vizsgálataink eredményével megállapíthatjuk, hogy a kőszenek és kőszénpalák intenzitása közel azonos. A kísérő agyagok mindig nagyobb aktivitásúak, mint a homokok, homokkövek. Végül a fiatal, miocén kőszéntelepeink inaktivok.

1. TÁBLÁZAT

Nr.	Hely	Gránitok és telérkőzeteik kőzet sug. / kozmikus sug.	gr. Th equivalens tonna kőzet
1.	Mórágy 1. mérési pont	6,96	cca. 70—120
2.	« 2. « «	4,93	« 50— 90
3.	« 3. « «	5,12	« 51— 90
4.	« 6. « «	4,47	« 45— 80
5.	« 7. « «	4,56	« 46— 82
6.	« Iskolakert	3,63	« 36— 65
7.	« Iskolakert	3,90	« 39— 68
8.	Üveghuta	6,57	« 66—115
9.	Erdősmecske, Kőfejtő D.-i vége	5,52	« 55—100
10.	Erdősmecske, Kőfejtő É.-i vége	5,77	« 58—104
11.			
12.	Eszterpuszta	5,48	« 55— 99
13.	Feked	4,94	« 49— 88
14.	Véménd	5,02	« 50— 90
15.	«	5,83	« 58—102
16.	Nyugatszenterzsébet	4,09	« 41— 74
17.	«	5,48	« 55— 99
18.	Fazekasboda	4,33	« 43— 77
19.	«	4,36	« 44— 78
1.	Mórágy 4. sz. m. pont, Lamprofir	7,37	« 74—133
2.	« 5. « « « «	7,33	« 73—130
3.	Erdősmecske, Aplit	6,79	« 68—120
4.	Feked «	5,90	« 59—106

2. TÁBLÁZAT

Hely	Kőzet	Kőzet sug. / Kozmikus sug.	gr. Th equivalens tonna kőzet
1. Komló	Andezit	3,63	36— 65
2. Hosszúhetény	Fonolit	5,49	55— 99
3. Szamárhegy	«	6,82	68—120
4. Mecsekszabolcs	Esszexit	0,56	5— 9
5. Szászvár	Trachidolerit	0,75	7— 13
6. Bátapáti	Bostonit	7,95	80—144
7. «	«	7,95	80—144
8. Komló szénbánya	Fonolit telérei	2,8—8,3	27—147
9. « «	Trachidolerit	1,3	13— 24
1. Eszterpuszta	Durvaszemű kontakt pala	2,23	22— 39
2. «	Aprószemű kontakt pala	2,36	23— 40
3. «	Krist. mészkő	2,00	20— 36
4. «	« «	4,2	42— 73

Az eredmények geokémiai és geológiai kiértékelése

A radioaktív anyagok elsődleges forrásai a gránit és az alkáli kőzetek. A gránitokban sikerült megállapítani, hogy az aktív anyag lokalizálható. Egy része a biotit pleochroos haloinak közepén helyezkedik el, másrésze pleochroizmust nem mutató ásványokban zárvány. Fajsúlyszerinti és elektromágneses ásvány-szeparációval megállapítottuk, hogy az aktív anyag tekintélyes része

3. TÁBLÁZAT

	Hely	Kőzet	Kőzet sug. / Kozmikus sug.	gr. Th equivalens / tonna kőzet
1	Kővágószőlős	Permi vörös homokkő	2,00	20— 36
2	Kantavár	Wengeni palás mészkő	2,00	20— 36
3	Komló	Liász szenes agyagpalák	2,95—12,78	30—225
4	«	Liász homokövek	1,4—3,0	
5	«	Liász szenek	0,9—8,3	8—150
6	Hosszúhetény	Liász pala	4,2	42— 75
7	Mecsekszabolcs	Alsóliász pala az esszexit fedőjében	8,22	82—146
8	Szászvár	Liász szén	2,84	28—50
9	«	Krinoidás mészkő	0,85	8— 14
10	«	Kallovien márga	1,14	11— 20
11	«	Titon mészkő	0,40	4— 7

4. TÁBLÁZAT

Nr	Hely	Kőzet	Kőzet sug. / Kozmikus sug.
1.	Alsónyék	Alluvium	2,1
2.	Nyékiszállások	Alluvium	1,9
3.	Várdomb	Alluvium	2,4
4.	Lajvé	Lösz	2,3
5.	Várdomb	Pannon	1,8
6.	Decs	Lösz	2,3
7.	Furkótelep	Lösz	1,7
8.	Dunaszekcső	Lösz	1,9
9.	Mohács	Pannon homok	1,3
10.	Mohács	Lösz	2,17
11.	Erdősmecske	Lösz	2,7
12.	Erdősmecske	Lösz	3,1
13.	Kismórágy	Lösz	2,4
14.	Möcsény	Lösz	2,1
15.	Feked-Cikó közt	Lösz	2,1
16.	Palotabozsok	Lösz	2,2
17.	Véménd	Lösz	2,9
18.	Somberek	Lösz	2,0
19.	Kisgeresd	Lösz	2,4
20.	Püspöklak	Lösz	2,8
21.	Himesháza	Lösz	2,1
22.	Hercegszabar	Lösz	2,69
23.	Fazekasboda-Nagypall	Lösz	2,4
24.	Pécsvárad	Pannon	2,1
25.	Püspökszenterzsébet	Lösz	2,2
26.	Szellő	Lösz	2,3
27.	Nyugatszenterzsébet	Lösz	2,1

a biotitmentes, világos színű nehézásványokhoz kötött. Az uránium : tórium-arány megállapítását, mint hosszú időt igénylő laboratóriumi mérést, *Szalay Sándor* később fogja elvégezni.

Ezekben a kőzetekben az aktív anyag kristályként, kristályos kötésben található.

Az eruptív kőzetek a felszínre kerülve mállásnak indultak. A mállás termékei részben a perm homokkövek formájában újra lerakódtak. A permi homokkőnek a gránitnál kisebb aktivitása arra utal, hogy a radioaktív anyag egy része a gránit más ásványaival együtt oldatba került. Ezek az oldatok részben az akkori szárazföld kőzeteibe ivódtak be, részben az édesvizi vagy tengeri medencékbe jutottak. A permi homokkövünk lerakódása idején, vagy a későbbi geológiai korokban nem voltak olyan klimatikus viszonyok és egyéb körülmények, mint a coloradoi carnotitos és a ferganai tujamujunitos telepek képződésekor. A Mecsek-hegység területén oldatba került aktív anyag megfelelő száraz klima, vagy esetleg oldott vanádiumsók hiányában továbbra is oldatban maradt. *Szalay Sándor* kísérletei alapján karbonátos formában lehetett jelen az urániun. Oldott állapotban az urániun, úgy látszik, az ugyancsak oldatba kerülő vassal együtt vándorol. Mindenütt megállapítható, hogy a vasoxiddal átitatott kőzetek egyúttal aktivabbak is. Mikor a mállás folytán az urániun és a vas kristályos kötésből oldatokba, tehát diszperz, ionos állapotba kerül, valószínűleg, legalább részlegesen különválik a kőzetben vele együtt kristályos kötésben helyetfoglaló tóriumtól.

A tóriumtartalmú ásványok lényegesen ellenállóbbak az elmállással szemben.

Szalay Sándor kísérletei szerint a kőszén, illetőleg a kőszénben foglalt egyik organikus vegyület rendkívül mohón adszorbeálja az urániumot az oldatából. Véleménye szerint itt nem egyszerű adszorpcióról, hanem vegyi kötésről van szó.

Az ionos, oldott urániun tehát most vagy adszorpciós, vagy *Szalay* szerint organikus kötésbe kerül.

A liász korszakban a gránitból származó málladékoldatok felhalmozódásra alkalmas környezetet találtak a kőszénképződés első stádiumában levő mocsarakban, lagunákban, melyek a gránithegység előtt elterülő mélyedésekben keletkeztek. A szén mohó adszorbciós hatása úgyszólván minden egyes, a lagunába került urániun-iont lekötött. Még abban az esetben sem tudott a gránit elegendő urániumot szállítani a mocsarakba, ha a mainál sokkal nagyobb felületi elterjedése volt. *Szalay Sándor* kísérletei szerint a komlói legaktívabb kőszenek képesek a bennük eredetileg bennfoglalt aktív anyag többszörösét kitevő urániumot felvenni, ha a laboratóriumban urániun-oldatot adunk hozzá.

Az urániun kőszéntelepben való felhalmozódásának előbb előadott módja természetesen a hidasi lignit képződésre is vonatkozik. *Szalay* vizsgálatai szerint a lignit, sőt a friss tőzeg is alkalmas az urániun adszorpciójára. A hidasi lignit inaktivitásának földtani okát abban látom, hogy a miocén korszakban a hidasi medencébe nem jutottak kellő mennyiségben urániun-ionok, akár mert a gránit-

hegység fiatalabb rétegektől eltakarva, elsüllyedt helyzetben volt; akár mert a gránitterülettől el volt gátolva. *Szalay* kartársam előadásából hallották már, hogy az eddig megvizsgált miocén kőszéntelepeink nem aktívak. Ez az általános jelenség inkább arra mutat, hogy a gránitterületeink a miocén korszakban eltakartak voltak.

Két még megoldatlan kérdés maradt további vizsgálatainkra. Egyik, hogy a növényzet talán már életében felveszi szervezetébe az urániumot, tehát olyanféle biológiai feldúsulásról van szó, mint a tengeri plankton esetében. A colorádói carnotitos homokkövekben megfigyelték, hogy a legnagyobb feldúsulás a rétegekben található kövült fatörzsek és más növényi maradványok körül találhatók. Hidason és más kőszéntelepekben megvizsgáltunk lignitté alakult fatörzseket. Ezek aktivitása nem volt nagyobb a környezetnél. Másrészt a kőszénpalák nagy, sőt a kőszénrétegnél nagyobb aktivitása ellentétben áll ezzel a magyarázattal, hiszen a kőszénpalákban sokkal kevesebb a növényi maradvány, mint a kőszénrétegben. A szerzők túlnyomó része úgy magyarázza a coloradói kövült fák körüli dúsulást, hogy a már kőzetbe beágyazott, nem élő fadarab fejtett ki lecsapó hatást a talajvízben áramló urán-ionokra.

A kőszénpalákkal el is érkeztünk a másik nyitott kérdéshez. Véleményem szerint a kőszénpalák nagy aktivitása nemcsak a bennük levő szénvegyületekre vezethető vissza, hanem szervetlen adszorbeáló anyagokra, főként agyagásványokra is. *Szalay Sándor* kérésemre néhány hazai agyagásvány urán adszorbciós vizsgálatát is elvégzi, hogy az anorganikus anyagok hatása is tisztán álljon előttünk. *Szalay* a kőszénpalák aktivitását azzal magyarázza, hogy a bennük levő szerves anyag bőven elegendő a jelenlevő urán-ionok adszorbciójára, hiszen a természetes kőszén adszorbciós komplexuma sohasem telített urániumra. Ehhez még csak annyit fűzhetek, az is valóban feltehető, hogy a palákban levő legfinomabb eloszlású szerves anyag szemcsefinomsága miatt és azzal, hogy mint legfinomabb detritus sokáig lebegett az urán-ionokat tartalmazó vizekben, nagyobb fokban telítődhetett urán-ionokkal, mint a széntelepek anyaga.

Az urán geokémiai migrációjával kapcsolatban a Mecsek-hegység területén a következőket szögezhetjük le:

Az urán először (primeren) kristályos kötésben a magmás kőzetekben foglal helyet; azután oldatba kerül és ionos állapotban diszpergálódik a tóriumtól, végül adszorpciós, vagy organikus kötésben a kőszéntelepekbe kerül és kedvező körülmények között az elsődleges állapotnál jobban koncentrálódik.

Érdekes lenne meghatározni energetikailag ezen átalakulások következtében előálló energiatartalom változásokat. A kristályos kötésű uránium vegyület kötésenergiája a *Kapustinskij— Fersman*-féle egyenlet segítségével megállapítható lenne, ha tudnánk, hogy az urán milyen ásvány formájában van jelen a gránitokban, a többi fázis energiatartalmának megállapítása az ismeretlen körülmények miatt azonban lehetetlen.

A kutatások gazdasági és ipari jelentősége

A vizsgálataink során megállapított két legnagyobb aktivitású kózet közül a kőszén gazdasági szempontból értékesebb, mint a kőszénpala. Értékesebb, mert a kőszén aktivitása az elégetése után fennmaradó hamuban és salakban visszamarad, sőt feldúsul (amit mind laboratóriumban, mind a komlói kőszenet nagy mennyiségben elégető üzemek salakhányóján megállapítottunk). Feldúsul olyan mértékben, mely a természetes állapotú rétegekben eddig nem volt megfigyelhető. A dúsulás a felhasznált kőszén eredeti aktivitásától, az elégetés módjától stb. függ. De mindenesetre az aktív anyagdúsítás első fázisának tekinthető, melyet olcsón megvalósíthatunk. A kőszenet kibányászszák, elégetik, tehát a hamuja költségmentesen rendelkezésre áll. Egyszerű szervezési kérdés, hogy bizonyos értékes kőszéntelep szenét ugyanegy helyen égessék el, hogy a hamujában rejtőző aktív anyag összegyüjtve, a későbbi feldolgozásra készen álljon. A bányászat fejlődése azt mutatja, hogy az eleinte bányászott koncentráltabb telepek kitermelése után a növekvő szükséglet egyre kisebb koncentrációjú telepek feldolgozására szorul. A mi feladatunk, hogy nyersanyagainkat számbavegyük, úgyszólván leltározzuk. A kutatások során valószínűleg sikerül egyre nagyobb koncentrációjú nyersanyagokat találni (mi magunk az első évi 6,4 intenzitású aktivitásról 8,0 körüli aktivitásig, majd a széntelepek 12—13 körüli aktivitásáig, végül kőszenek hamujának még nagyobb aktivitásáig jutottunk el 3 évi kutatás alatt).

A kutató által kimutatott kis koncentrációjú nyersanyag és az ipar által feldolgozható legkisebb koncentráció értéke egyre közelebb kerül egymáshoz, míg egyszer bekövetkezik az az időpont, amelyben kicsiny koncentrációjú nyersanyagaink is rentábilisan feldolgozhatók. *Szalay Sándor* számítása szerint egy tonna kőszén elégetése után visszamaradó hamu sugárzóanyag tartalmának energiakészlete többszöröse a kőszén elégetésekor nyert energiának. Egyes kőszéntelepeknél tehát a salak-hamu hányóra kiszórt, értéktelennek tekintett anyag a jövőben többet fog érni, mint az elégetett kőszén. Mindenesetre a hamu feldolgozása lényegesen könnyebb és olcsóbb lesz, mint az urániumot primer állapotban tartalmazó magmás kőzeteké, a kemény gránité.

A kutatások további célkitűzései

A felvételi munkát tovább folytatjuk más kőzetcsoportokon és más hegységekben. Fontos kérdés a mecseki és balatonvidéki perm kőzetek vizsgálata. Ezek a kőzetek a gránithegység lepusztulásából nyerik az anyagukat. Az eddig vizsgált perm kőzetek szegényebbek sugárzó anyagokban, mint a gránit. Hová lett a különbözet? A Mecsek nyugati részén a perm rétegsor alján palák is vannak. Az eddigi vizsgálatok szerint az agyagos kőzetek jobban adszorbeálják az urániumot, mint a homokok. Feltétlenül megvizsgáljuk ezeket a perm

palákat. Lehetséges, hogy itt nyomára jutunk a gránitokból elvesztett urániumnak. Kedvező esetben feldúsulva találjuk.

Folytatjuk a kőszenek vizsgálatát laboratóriumban és a bányák mélyén, hogy az aktivitás eloszlását ugyanazon telepben megállapítsuk. Ez minden mennyiségi becslés előfeltétele.

Végül folytatjuk a laboratóriumi vizsgálatokat az aktív anyagok dúsítása, eloszlása megállapítása céljából.

Végül megemlítem, hogy a Mecsek-hegység körül elhelyezkedő fiatal üledékekben is, mint a Velencei-hegységben megállapítható volt, hogy a hegységtől távolodva a fiatal üledékek aktivitása csökken. Ezt egy átnézetes, izoradiációs térképen rögzítettem. Megállapítható, hogy ezekben a fiatal üledékekben is a homokok kisebb aktivitásúak, mint az agyagok.

IRODALOM

1. *Szalay S.:* Kutatások urán és thorium magyarországi előfordulása után korszerű atomfizikai módszerekkel. M. Áll. Földtani Intézet Évi Jelentése 10. B. kötet 1948.

2. *Földvári A.:* A magyarországi radioaktív anyagkutatás földtani és kőzettani vonatkozásai M. Áll. Földtani Intézet Évi Jelentése 10. B. kötet, 1948.

3. *Szalay S.—Földvári A.:* Kőzetek radiológiai vizsgálata. M. Tudományos Akadémia Matematikai és Természetudományi Osztályának Közleményei I. kötet, 1. szám, 1951.

4. *Vernadsky W. J.:* Geochemie, 1930.

5. *Fersmann A.:* Geochemische Migration der Elemente II. Die Uran-Vanadium-Grube Tuja-Mujun in Turkestan, 1930.

6. *Hoffmann J.:* Uran in Kohlen und Torf. Chemie der Erde. 15. Band, 3. Heft. 1943.

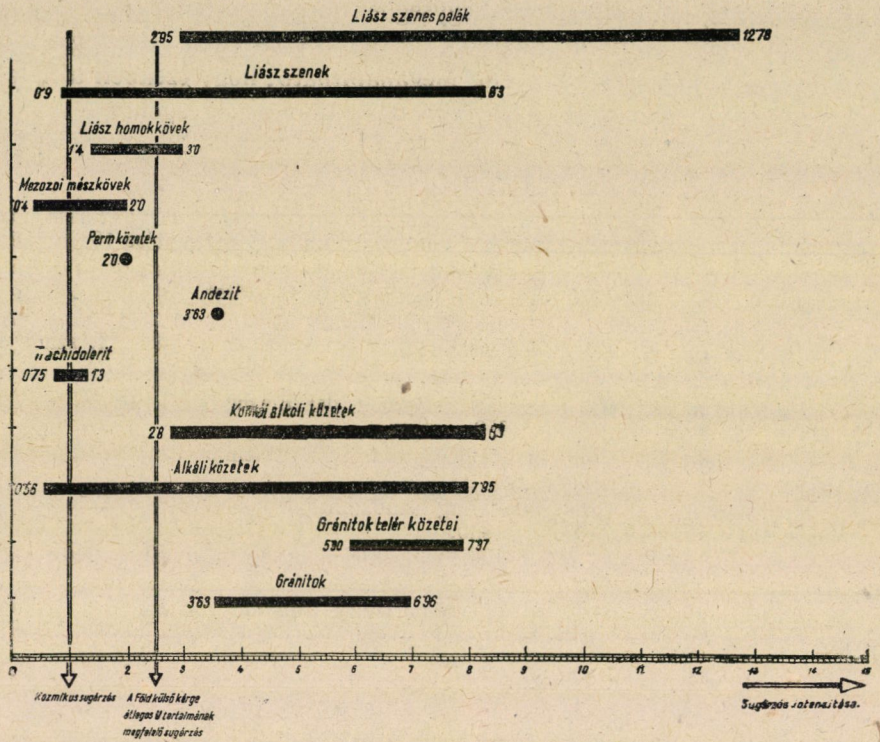
7. *Fischer R. S.:* Uranium-bearing sandstone deposits of the Colorado Plateau. Econemic Geology. vol. 45. no. 1. 1950.

8. *Bain G. W.:* Geology of the fissionable materials. Econemic Geology. vol. 45. no. 4. 1950.

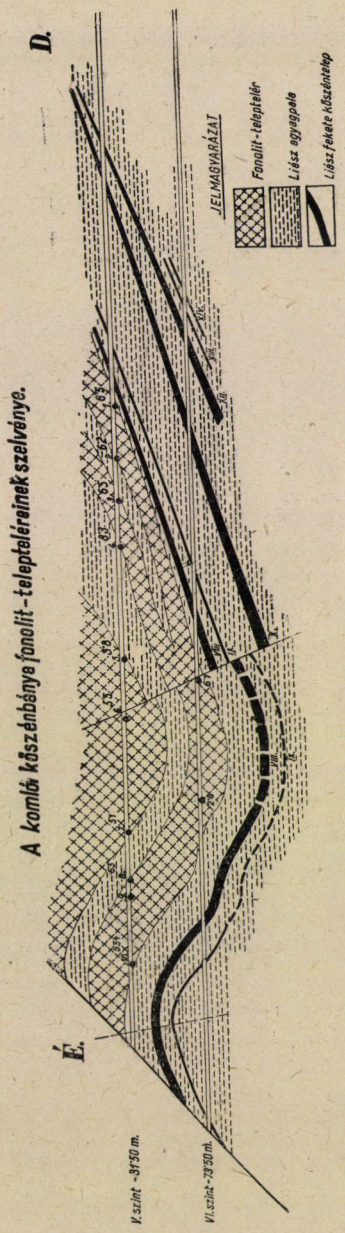
9. *Russel W. Z.:* Relation of radioactivity, organic content and sedimentation. Bulletin of the American Association of Petroleum Geologists. vol. 29. no. 10. 1945.

Az előadáshoz hozzászólt:

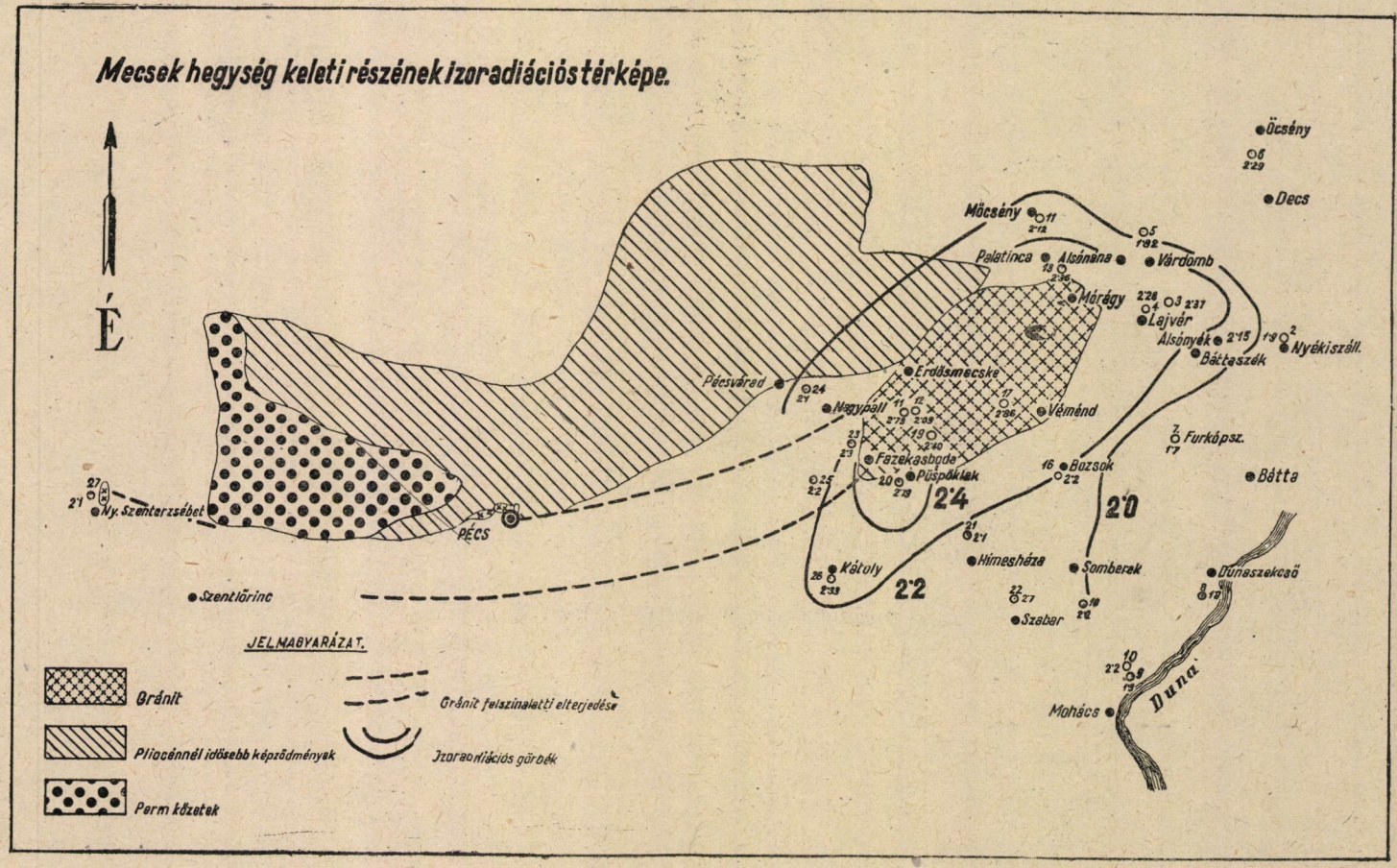
BALOGH K., HORUSITZKY F.,
JANTSKY B., KISS J.,
MÉHES K., PÁVAI VAJNA F.
SZÉKYNÉ FUX V., VADÁSZ E.,
VENDEL M., VENDL A.



A mecsek-hegységi kőzetek rádioaktív sugárzása.



A komlói kőszénbánya fonolit-telepteléreinek szelvénye.


Mecsek hegység keleti részének izoradiációs térképe.
É
Öcsény
Decs
Möcsény
Palatinca
Alsónána
Várdomb
Mórágy
Lajvér
Alsónyék
Báttaszék
Nyékiszáll.
Pécsvárad
Erdősmecske
Nagypall
Véménd
Furkópsz.
Fazekasboda
Püspöklak
Bozsok
Bátta
Ny. Szenterzsébet
PÉCS
2·4
2·0
2·2
Kátoly
Himesháza
Somberek
Dunaszekcső
Szentlőrinc
Szabar
Mohács
Duna
JELMAGYARÁZAT.
Gránit
Gránit felszínalatti elterjedése
Pliocénnél idősebb képződmények
Izoradiációs görbék
Perm kőzetek

A SZABADBATTYÁNI ÓLOMÉRC- ÉS KÖVÜLETES KARBONELŐFORDULÁS

FÖLDVÁRI ALADÁR
(Debreceni Tudományegyetem)

Történet

A szabadbattyáni ólomérc kutatása 1938. augusztus 16-án kutatótáróval kezdődött. 1939-ben a mai aknamélyítés céljából a 4. sz. kutatófúrás készült és a fúrás eredményei alapján 1940-ben kezdték az aknát mélyíteni, de 23 m mélységben vízbetörés (karsztvíz) miatt az akna mélyítése megállt. 1941-ben 500 l/perc teljesítményű szivattyú felszerelése után az aknát —39 m-ig sikerült lemélyíteni, ezen alul a szivattyú teljesítménye nem volt elegendő az egyre növekvő vízbetörés leküzdésére. 1939—40. évek folyamán tárták fel a —18 m-es szintet, 1941-ben a —39 m-es szint csapásmenti részét. 1943—44. években készült el a —39 m-es szint északnyugati vágata, mely érc tekintetében meddő, de földtanilag nagy fontosságú volt. Az ólomérc termelése 1941. januárjától 1946. augusztusáig tartott, ez alatt az idő alatt 3380 t 8—10%-os ólomércet termeltek ki, melyből 2200 t-át az alsófernezelyi kohóba szállítottak ; a maradékot 1948—49-ben Recsken dolgozták fel. 1949-ben újra kezdődött a művelés. 1951-ben a Magyar Tudományos Akadémia kívánságára újra nyitották a —39 m-es szint északnyugati vágatát további tanulmányok céljából. A bányászati kutatásokat az első időkben *Telegdi-Roth Károly és Pollner Jenő*, később *Georgieff Trajan*, a földtani vizsgálatokat eleinte *Schmidt Eligius*, később *Földvári Aladár* végezte.

A bánya rétegsora

A bányában feltárt, térbelileg legmagasabb helyzetű képződmény fehér kristályos mészkő. Ebből a fehér kristályos mészkőből keletkezett a mélyből feltörő érchozó oldatok átalakító hatására az ólomércet kísérő barna, durvábban kristályos mészkő, melynek Fe_2O_3 tartalma átlagosan 7—8%. A mészkő kristályossága változó, a fehér mészkő alig kristályos, finomszemű módosulattól a középszeműig terjed. A barna, átalakult mészkő mindig durvábbszemű, néhol cm-nagy pátos szövetű. A két mészkő érintkezési felülete szabálytalan, többnyire elég éles. A barna mészkő elhelyezkedése a fehér mészkőben típusos átitatódási öv képét adja. A kettő közti határvonal a rétegzést, valamint a nyomás hatására keletkezett kőzetelválási lapokat is keresztezi. A mészkő erős tektonikai igénybevételt szenvedett a szokásos, három főirányban haladó elválási lapok mentén keletkező hasábos (parallelepipedonos) szerkezettel. A valódi rétegzés

megállapítása többnyire nehéz, csak ritkán sikerül a különböző elválási síkok közül.

E mészkövek korára vonatkozólag semmi határozott adatunk nincs, tehát csak valószínűségre vagyunk utalva. A geológusok többsége karbon vagy devon korúnak tartja. A nyugatmagyarországi devonkorinak tartott kristályos mészkővel nem egyeznek, mert vizsgálataim szerint a szabadbattyáni mészkő rendkívül tiszta, míg a nyugatmagyarországiakban sok csillám és más szilikátos ásvány van.

A —39 m-es szint északnyugati vágatában a kristályos mészkő alatt rendkívül érdekes rétegsort tártak fel, mely főleg sötétszürke és kisebb mennyiségben fekete agyagpalából, közbetelepült fehér és fekete homokkőből és fekete mészkőből áll. Az egész rétegsor tektonikailag ugyanolyan erősen igénybevett, mint a kristályos mészkő. Az agyagpalarétegek zavarosan gyűrtek, igen meredek, a függőleges körüli palássággal. A palákon fényesfelületű, nyomás okozta elválási lapok jelentkeznek, csúszási nyomokkal. Az egymást keresztező nyomási lapok mentén jelentkező hasábos elválás az agyagpalában oly sűrű, hogy szerkezete leveles, szilánkos. A homokkő és a fekete mészkőrétegeknek, ridegebb természetüknek megfelelően, nincs zavaros gyűrődözöttségük, hanem összetöredezettek. Eredeti rétegzésük is jobban megmaradt és a rétegcsoport térbeli helyzetének, dőlésének, csapásának meghatározására alkalmasabb.

Itt kell megemlékezni az agyagpalarétegek közé gyűrt, szabálytalan elhelyezkedésű kvarcitokról. Ezek színe világosszürke, szövetük kristályos, pirit kristályokat tartalmaznak. Külsőleg réteges kőzetnek látszanak, mégis inkább a mozgások következtében az agyagpalába gyűrt, összetört telérdaraboknak minősíthetők. A későbbi feltárások alapján várható a kvarcit elsődleges, eredeti helyzetének megállapítása.

A fekete mészkő tengeri eredetű szerves maradványokat tartalmazott, melyek alapján alsó-karbon kora megállapítható (dinanti). Pontosabban az alsókarbon legfelsőbb részében, a viséi-emelet felső szakaszában keletkezett.

Az agyagpalák iszapolási maradékában és a homokkő csiszolatában szerves maradványt nem találtam. Az agyagpalák inkább lagunáris képződményeknek tarthatók, melyek korát a közéjük települt mészkőpad tengeri elöntésének ideje határozza meg. A fekete mészkő és az agyagpalák szoros kapcsolata alapján utóbbiakat is alsó-karbonkoriaknak tartom.

A rétegsor tektonikai helyzete

A kristályos mészkőtest teknőalakú (szinklinális) településben helyezkedik el az agyagpala rétegsorozat felett. Az akna mellett levő 4. fúrásban a felszíntől —77,80 m-ben a kristályos mészkő alatt az agyagpala mutatkozott. A —39 m-es szint északnyugati vágatában az aknától 70 m távolságban búvik ki a kristályos mészkő alól és a két képződmény határlapja az akna felé dől. Az aknа-

tól északkeletre a 2. kutatótáró vájatvégén és a —18 m-es szinten szintén jelentkezett agyagpala. Újabban pedig az aknától keletre és délre a —39 m-es szinten is megtalálták az agyagpalát, amely itt vetődés mentén érintkezik a felette elhelyezkedő kristályos mészkővel. Utóbbi helyeken még további feltárások szükségesek a tektonikai helyzet tisztázására. Az aknától délre az 1. kutatótáró vájatvége táján agyagos málladékbe jutottak, mely az agyagpalából származhatik. Egészben véve tehát a kristályos mészkőtest csónakhoz hasonlítható, melynek hossztengelye északkelet-délnyugat irányú és alsó határfelülete mentén körös-körül agyagpala határolja.

A két képződmény közt a —39 m-es szint északnyugati vágata feltárása alapján 1944-ben egyfekvésű (konkordáns) települést észleltem. Az 1951-ben újra nyitott vágatban jobb feltárási viszonyok alapján a két képződmény másfekvésű (diszkordáns) települését állapíthattam meg. A kristályos mészkő és fekete agyagpala közt ugyanis mállott, sárga agyagöv figyelhető meg, melyben 1951-ben a kristályos mészkő legömbölyödött, csiszolt felületű darabjait vetődési karcokkal találtam. Ez az agyagöv tehát a rátolódás zúzódásos, elfenődési övének felel meg. A bányának az északnyugati vágattal ellentétes részében az agyagpala eddigi megfigyeléseink szerint mindig tektonikai sík mentén érintkezik a kristályos mészkővel, köztük megtalálható a sárga agyagöv.

A kristályos mészkő ezen feltolódott, rátolódott tektonikai helyzete megmagyarázza azt a rétegtani nehézséget, hogy az idősebbnek látszó átkristályosodott mészkő átalakulást nem szenvedett, fiatalabb kövületes alsó-karbon rétegcsoport felett foglal helyet. Ez a fordított rétegsor nem bizonyítható, bonyolult feltevésekkel magyarázható. Pl. hogy kristályos mészkő magvú fekvőredő fekvő szárnyát találtuk meg Szabadbattyánban. A kontaktmetamorf kristályos mészkövet a felette levő egykori gránittest alakította át, az alatta levő kevésbbé reakcióképes agyagpala és az ebbe burkolt és általa megvédett alsó-karbon mészkő pedig nem alakult át.

Vizsgálataim szerint a kristályos mészkő nem tekinthető átalakult alsókarbon mészkőnek, mert a kristályos mészkő alig tartalmaz sósavban oldhatatlan szilikátos ásványokat, míg a alsó-karbon mészkőben sok ilyen oldhatatlan ásvány van. Ezeknek a feltételezett kontaktmetamorfózis esetén is meg kellett volna maradni. Ugyanez oknál fogva nem hozható kapcsolatba a nyugatmagyarországi kristályos devon mészkövekkel sem. Ebből a szempontból legjobban hasonlít a triászkori dachsteini mészkőhöz, amivel viszont a paleozói rétegekhez való szoros üledékkapcsolata miatt nem azonosítható.

A kristályos mészkő legalább kétszer, esetleg háromszor ment át tektonikai mozgásokon. A polgárdi nagy mészkőfejtő évek óta nem bolygatott falain a felszíni mállás kimunkálta egy rejtett erőteljes gyűrődés (helyenként zavaros gyűrődés) rétegzését. Hasonló típusú gyűrődéseket csak a Bükkhegységből, azonkívül külföldi, paleozói, vagy alpi jellegű hegységekből ismerünk. Az erőteljes redőződés formái közt felismerhetők kisebb fekvő és átbuktatott redők is.

Ezeket a redőket *Kiss János* is felismerte és a Földtani Társulat 1951. január 17-i ülésén ismertette is.

Ez az erős gyűrődés a kristályos mészkövet ért legidősebb tektonikai folyamat. Valószínűleg egyidős azzal a mozgással, amely a kristályos mészkövet az alsó-karbon rétegsorozat fölé tolta.

A második tektonikai fázis azokban a széles, szabályos boltozatokban jelenik meg, melyeket *Vendl Aladár* a Hidrológiai Közlöny 1928-ban megjelent IV—VI. kötetében »*A Somlyó és Szárhegy geológiája és egykori hévforrásai*« című tanulmányában térképen rögzített. Ezek a széles boltozatok ma is jól látszanak a terepen. E boltozatok kétségtelenül oldalnyomásnak köszönhetik keletkezésüket, mely enyhe boltozatokba gyűrte a mészkőtestet, elfedte az eredeti erős, helyenkint zavaros gyűrődés rétegzését és létrehozta a boltozatokkal párhuzamos elválási lapokat (másodlagos palásság, illetve rétegzés) és a hasábos (parallelepipedonos) elválást okozó diaklázisokat. Ez az eredeti rétegzést elfedő és hasábos elválás megmagyarázza az ólomércbánya mélységi feltárásaiban a rétegdűlések kijelölési nehézségeit. A polgárdi kőfejtőben 1946-ban az egyik ilyen lapos boltozatot a kőfejtés folyamán kimunkálták. A szabályos boltozatot lefényképezni nem tudtam s az előrehaladó kőbányászat az egészet lefejtette.

A harmadik, legfiatalabb mozgási szakasz a kristályos mészkő vonulatot vetődések mentén rögökre tagolta és a kristályos mészkő vonulatot megtorlódott rögök sorozatává alakította. Ezekről is *Vendl Aladár* térképe ad világos képet. A rögök közti vetődések (a felszínen is láthatók) utat adtak a mélyből feltörő hidrotermális oldatoknak, melyek a vetődések mentén a kristályos mészkövet átalakítva és átkristályosítva, létrehozták a bányából is megismert barna átalakult mészkövet. Az egyes rögöket elválasztó vetődések kisebb méretük miatt kevesebb oldat átbocsátására voltak alkalmasak, mint a kristályos mészkő rögvonulat peremi, nagyobb méretű vetődései. Ezért ércek lerakódására utóbbiak reményteljesebbek, amire még az érckeletkezés ismertetésénél visszatérek.

Nagytektonikai elhelyezkedés a Dunántúl szerkezeti képében

A szabadbattyáni kutatásokból nyert eredmények fontos változásokat jelentettek a Dunántúl nagytektonikájának értelmezésében.

Id. Lóczy Lajos balatonkörnyéki földtani térképe nyomán általánosan elfogadott nézet volt, hogy a permelőtti idősebb rétegek a Dunántúlon kristályos palák képében találhatók, melyeket gránit tör át. Ez a kristályos pala+gránit vonulat a Balaton és a Velencei-tó tektonikus árkában helyezkedik el és előtere a Bakony-Vértes-Budai-hegység felsőperm-mezozói rétegsorából felépült szerkezeti egységeknek, melyeket a különböző szerzők felfogása rögöknek, felpikkelyeződött tábláknak, vagy délfelé áttolt takaróknak értelmezett.

Szabadbattyáni kutatásaim új adatai alapján szükségét éreztem a régi irodalom revíziójának. Bejártam *id. Lóczy Lajos* térképén egységesen kristályos palák színével feltüntetett területeket, hogy megvizsgáljam ezek osztályozásának lehetőségét.

Szabadbattyántól északra 3 km-re Urhidánál található kristályos pala főleg kvarcitpalából és alárendelten fillitből áll. Az igen rossz feltárási viszonyok miatt csak mesterséges feltárásokkal lehetne települési adatokat nyerni. A felszínen szabadbattyáni típusú agyagpalákat, vagy más karbonkori kőzeteket találnom nem sikerült. Ezt a rétegcsoportot tehát földtani helyzetét illetően a karbonrétegek fekvőjének kell tekinteni.

Urhida és Szabadbattyán közt a térszint pliocén és pleisztocén rétegek borítják. Ezek alatt idősebb harmadkori rétegekből álló medencekitöltés is várható, tekintettel az Urhidánál a kristályos palákra transzgredáló Vértes-hegység peremi (és iszkaszentgyörgyi típusú) eocén üledékekre. E fedőrétegek ellenére ezen a területen várható a paleozói rétegek legkisebb mélységben való előfordulása, a terület felemelt rög helyzete miatt. A Velencei-hegység és a Vértes-hegység közti süllyedékben a lovasberényi fúrások szerint még miocén rétegek is megjelennek a medence kitöltésben és a paleozói rétegek csak nagyobb mélységben várhatók.

Az Urhida—Szabadbattyán közti területen, a mélyben elhelyezkedő paleozói rétegek térbeli helyzetéről csak találgatásokra vagyunk utalva.

Biztosabb alapot nyujtanának azok a kutatófúrások, melyeket esetleges karbon kőszéntelep felkutatására már 1944 óta sürgetünk.

E mélyben levő paleozói rétegek szerkezetéről kétféle elképzelésem van, s csak fúrások dönthetik el, melyik felel meg a valóságnak. Az egyik feltevésem, hogy a paleozói-rétegek egységes szinklinálisként töltik ki az Urhida—Szabadbattyán közti területet. Ebben az esetben egyetlen, a medence közepén elhelyezett fúrás tisztázhatná a rétegsort és az esetleges kőszéntelep jelenlétét. A másik lehetőség, hogy a paleozói rétegek több izoklinális redővonulatot alkotnak. Ekkor az egyes képződmények és az esetleges kőszéntelepek is több párhuzamos pásztában helyezkednek el. Az ilyen szerkezet tisztázására egyetlen fúrás nem elég. Könnyen lehet, hogy antiklinálismagba fúrva, a karbon rétegsort nem találjuk meg és a medencét meddőnek tekintjük egy fúrás adataira támaszkodva. A párhuzamos pásztákban esetleg megtalálhatjuk a szabadbattyáni kristályos mészkő elfedett vonulatát is, melyben lehetséges az ércesedés kifejlődése. Lehetséges az is, hogy a Velencei-hegység gránitjának folytatása is fúrással elérhető mélységben van, tekintettel arra, hogy a székesfehérvári mélyfúrásban dioritot fúrtak meg nagyobb mélységben és az urhida—szabadbattyáni terület a székesfehérvárinál sokkal kiemeltebb helyzetben van.

Szabadbattyántól délnyugatra Balatonfőkajárnál a Somlyóhegyen jelez *Lóczy* térképe kristályos palát. Itt is fillit, kvarcitpala, sőt néhol erőteljesebben kristályosodott, csillámpalának tekinthető kőzetdarabok találhatók. Szabad-

battyán és Balatonfőkajár közt a fülei Kőhegyen a felső perm konglomerátum és homokkő található a felszínen. Ezt a paleozói medence kőzeteire diszkordánsan, más fekvésben települő egységes fedőképződménynek tekintem.

Ez adatból kiindulva, a mélyben elhelyezkedő paleozói medencét északkelet-délnyugati tengelyű, mintegy 4 km széles övben tételezhetjük fel, melynek északnyugati oldalán az urhidai fillit vonulat, délkeleti oldalán a balatonfőkajári fillit vonulat jelzi a medence peremét.

Kétségtelen, hogy a medencefúrásokkal legkönnyebben feltárható részének az Úrhida—Szabadbattyán közti terület látszik, mert itt kis mélységben megtaláltuk a karbonkori rétegeket. Nagyon elősegítené a fúrási helyek kijelölését a paleozói rétegek felső felületének geofizikai módszerekkel való megállapítása. A geofizikai mérések esetleg még a szabadbattyáni kristályos mészkő mélységbeli elterjedését is kimutathatnák az agyagpala és mészkő eltérő fizikai viselkedése alapján.

A lehetséges paleozói medence szélességének ilyen megállapítása után próbáljuk meg a hosszának kinyomozását is. *Lóczy* térképén Alsóőrs és Felsőőrs mellett szerepel kristályospala előfordulása. Ezeket megvizsgálva úgy találtam, hogy a kőzetek egy része valóban kristályos palák közé sorolható fillit. A feketeszínű kvarcitpalák (liditek) azonban jól képviselhetik a kevésbbé metamorf karbon képződményeket. Az eddig készített csiszolatokban nem találtam felismerhető szerves maradványt.

A balatonkenesei Fővárosi Üdülő vízellátására mélyített fúrásokban helyenként 50—100 m mélységben megtalálták a kristályos mészkövet és alatta a fillitet is. A feltételezett medence hosszúsága ez adatok alapján Szabadbattyán—Balatonkenese—Felsőőrs irányában mintegy 20 km-re becsülhető.

A szabadbattyáni kristályos mészkő törmeléke a Velencei-hegység északkeleti részén, Velence községben mélyített fúrásból is előkerült. Feltételezhetjük tehát, hogy a kristályos mészkővonulat eltakarva fiatalabb rétegektől, a gránit üledékes köpenyében idáig elhúzódik.

Szalánczi György a Földtani Közlöny 1948. évi 78. kötetében »*Földtani adatok Somogyból (Az igali mélyfúrások)*« című dolgozatában a medenceüledékek alatt triaszkori mészkövet említ. A fúrásminták megvizsgálásakor úgy találtam, hogy azok a szabadbattyáni mészkővel feltűnően megegyeznek. Ezen az alapon lehetségesnek tartom, hogy a paleozói rétegek a Balatontól délre levő medence fenekén is megtalálhatók.

Teljesen hiányosak az ismereteink a Velencei-hegység és a Vértes között a Sárrét északkeleti folytatásában levő fiatal medencére vonatkozólag. Ezen a területen sejthető a felsőperm rétegek alatt a Velencei-gránithegység fedőjében elhelyezkedő paleozói rétegsorozat. A várható nagy mélységek miatt a fúrások elhelyezése előtt itt feltétlenül geofizikai mérések végzendők a medencefenék közelítő mélységének és ebből a legkisebb mélységű fúrások helyének kifejlődése végett.

Az ólomércelőfordulás típusa

A szabadbattyáni ólomérc galenit és az oxidációs övben galenitből képződött cerusszit és anglezit. Teleptani szempontból a ritkább kísérő ásványokat *Kiss János* vizsgálja. A galenit a kristályos mészkővonulat peremi vetődése mentén, vassal átitatott barna mészkőben található. Az ólomérc előfordulása nagyon szeszélyes. Kétségtelen, hogy egy északkelet-délnyugat irányú hasadékot követ. Ezt a —39 m-es szinten *Pollner Jenővel* még 1944-ben megállapítottuk. Újabban *Georgieff Traján* más feltárásokban ugyanerre a végkövetkeztetésre jutott. Az általa végzett feltárásokban az is megállapítható volt, hogy a mélyebb szintekben a tényleges ércesedés nagyobb csapáshosszban követhető, mint a magasabb szintekben. Az eddig megállapított érces csapáshossz mintegy 150 m. Az ércesedés eddig megállapított mélysége a 4. fúrás alapján a felszíntől mintegy 50 m. Az ólomérc ritkán követi a hasadék vállapjait. Megfigyeltük kis szakaszokon az ilyenfajta teléres előfordulását a galenitnek magában vagy telérkvarccal, de sem mennyiségre, sem kiterjedésre nem az ilyen ólomérc zöme. Az ólomérc nagyobb része kisebb-nagyobb önálló fészkekben, vagy apró szemcsékben behintésként található az elváltozott barna vasas mészkőben, jellege határozottan metaszomatikus. Az átitatott barna vasas mészkőöv eddigi ismereteink szerint mintegy 20 m vastag a telérhasadék körül. Maga a telérhasadék kitöltése hol galenites, hol agyagos, hol telérkvarc, hol durvapátos hófehér kalcitos, hol csak agyagos vállap. Rendkívül érdekes, hogy a hasadék néhol nyitott karsztüregekbe, nyílt karsztjáratokba folytatódik, melyeket cseppkő bélel ki. Ez a jelenség arra utal, hogy a mélyből feltörő hidrotermális oldatokon kívül, melyek az ólomércet rakták le, felülről leszivárgó hideg karsztvizek is felhasználták a hasadékot vándorútjukban. Ezek a hidegvizek egészen fiatal földtani időben működtek és egyidősek a középhegység más mészkőterületein működött barlangi vizekkel.

Mai ismereteink alapján úgy látszik, hogy az ólomérc képződése Szabadbattyánban a mészkőhöz kötött. Ahol nincs metaszomatozisra alkalmas mészkő, ott nincs ólomércképződés sem. A mészkövön kívül szükséges széles, mélyreható hasadék, vagy hasadékrendszer, mely nagymennyiségű hidrotermális érchozó oldatnak a mészkőbe való vezetését biztosítja. Széles átitatási öveket, bányászható mennyiségű ólomércet csak a szabadbattyáni peremi törés környékén találtunk eddig.

A hidrotermák eredetét egyre inkább a Velencei-hegység gránitjával kell kapcsolatba hoznunk. A polgárdi kristályos mészkövet áttörő aplit-telérek kétségkívül jelzik a gránitnak a mészkőalatti előfordulását. A szabadbattyáni kristályos mészkő és paleozói rétegsort úgy kell felfognunk, mint a Velencei-hegység gránitjának le nem tarolt köpenyképződményét, mely alatt a gránit egyelőre ismeretlen mélységben foglal helyet. A hidrotermális oldatok tehát a gránittal hozhatók kapcsolatba. Szabadbattyánban semmi sem mutat arra,

hogy fiatalabb magmás működés (andezit) okozhatta volna az ércesedést. Nagyfokú a Velencei-hegység gránitjában és kontakt köpenyében elhelyezkedő galenites-fluoritos-kvarcos telérekkel való rokonság. Ezek a fluoritos telérek az első, pátkai előfordulás felfedezése óta *Jantsky Béla* kutatásai révén egyre sokasodnak. A fluorit jelenlétére utal *Vendl Aladár* 1928-ban közzétett szárhegyi fluoritos kvarcit lelete. (Ez annál fontosabb, mert az ércbányászat megindulása előtti felfedezés lévén, nem befolyásolhatta az azóta felfedezett érces telérek ásványkitöltése.)

Az ércbányászat fejlesztése az eddigi elméleti megállapítások alapján a következő kutatások elvégzésével történhet:

1. A galenit előfordulásának a mélység felé való felkutatása a jelenlegi akna tovább mélyítésével. Ennek indokai a következők: *a)* a hidrotermális elváltozást mutató barna mészkőöv a —39 m-es szint alatt (az akna talpa alatt) mélység felé folytatódik. Benne ólomérc a —39 m-es szint talpában még ténylegesen észlelhető. *b)* A mészkő a 4. fúrás tanúsága szerint az akna alatt a felszíntől számított —77,80 m-ig folytatódik és —52,40 m-ig galenit nyomokat tartalmaz. A fúrásban —36,20 m és —46,40 m közt kvarcos mészkövet fúrtak át, helyenként agyag kitöltéssel. Ez a kvarcos agyagos öv lehet, véleményem szerint, a hidrotermális oldatokat szállító főhasadék vagy hasadék rendszer, mivel tőle szimmetrikusan felfelé és lefelé egyaránt megjelenik a vasas hidrotermálisan elváltozott mészkő.

Elméletileg a hidrotermális teléreknek a gránitban levő gyökérrégiójáig az akna alatt még hatalmas rétegsornak kell lenni. Kétségtelen, hogy az aknában feltárt metaszomatikusan ércesedett mészkőhöz a hidrotermális oldatok csak úgy juthattak fel, ha a mészkő alatti metaszomatozisra alkalmas rétegekben is meg volt a szállító csatorna. Míg a hasadékos mészkőben a hidrotermális oldatok széles sávon szivárogtak át, addig feltehető, hogy az agyagpalarétegben ilyen szétszivárgásra nem volt mód és az egész érc anyaga telérhasadékban, tehát koncentráltan rakódott le.

Ennek a kérdésnek a kivizsgálására ajánlom, hogy az akna mélyítése hatoljon kellő mélységbe a mészkő alatti agyagpalába és az agyagpalában kihajtott szintes vágatokkal igyekezzen megkeresni a hidrotermális oldatok szállító hasadékát. Lehetséges az is, hogy a mellékkőzet anyaga nem alkalmas érclerakódásra. Ebben az esetben sem hiábavaló az ajánlott kutatás, mert akkor tisztázódik a kérdés: »érc csak ott van, ahol mészkő«.

Mind a kutatások eddigi során, mind a továbbiakban is legnagyobb nehézséget és veszélyt jelenti a kristályos mészkőben tárolt karsztvíz, melynek nyugalmi szintje a felszíntől számított —18—20 m közt van. A víz mennyisége jelenleg 1500 liter/perc teljesítményű szivattyúval leküzdhető. A mélység felé haladva a vízmennyiség nőni fog, de nőni fog a kihajtott vágatok hosszával is. Véleményem szerint a karsztvíz tároló területe sokkal nagyobb, mint a kristályos mészkő felszíni vonulata Szabadbattyántól Polgárdiig. Számolnunk kell a mészkő-

vonulat földalatti folytatásában tárolt vízmennyiséggel is, mivel ezek a földalatti mészkőrögök minden valószínűség szerint közvetlen összefüggésben vannak a felszíni rögökkel. Ez az állandó vízveszély, mely a mélyebb szinteken a bányászatot fenyegeti, a tárók felett elhelyezkedő mészkő karsztvíz tömegével komoly technikai felkészültséget és elővigyázatot követel a mélység felé irányuló feltárásoknál.

2. A jelenleg ismert északkelet-délnyugat irányú mintegy 150 m hosszban kimutatott galenites vonulat csapásmenti továbbkutatása mindkét irányban. Itt az a veszély fenyeget, hogy a kristályos mészkő felszíni kibúvásától távolodva, a kristályos mészkőrögök oly mélységbe süllyedtek a vetődések mentén, mely bányászatra már nem alkalmas. Geofizikai mérésekkel tisztázható a mészkőrögök lesüllyedésének mértéke. Ebből megállapítható lenne a bányászat rendelkezésére álló elérhető csapáshosszúság.

3. A jelenlegi bányászattól messzebb levő, más peremi törések mentén kifejlődött metaszomatikus övek felkutatása. Ezt a célt szolgálja a készülő kutató tároló, mely a jelenleg bányászott mészkőrög túlsó oldalán levő peremi törés metaszomatikus övét harántolja. Ott az elváltozott mészkő közel négyszer olyan széles övben található meg, mint a jelenlegi bányában. Sajnos, eddig csak jelentéktelen és csak rövid galenit ereket talált. A folyamatban levő kutatótáró továbbhajtva, egyúttal a ma bányászott ércvonulat délnyugati folytatását is feltárja. Az eredményeket csak a táró befejezése után lehet megállapítani.

4. A kristályos mészkővonulat délnyugati végén, a polgárdi kőfejtőknél levő peremi törés megvizsgálására csak később, geofizikai előtanulmányok után lehetne javaslatot tenni.

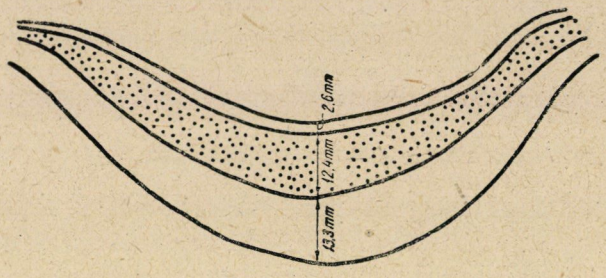
A karbonrétegek faunája

1943-ban a —39 m-es szint északnyugati vágatának kőzetei közül egyedül a fekete mészkőben találtam szerves nyomokat. Vékony csiszolatokban mikrofaunát, elsősorban foraminiferákat. Már ezekben az első csiszolatokban feltűnt az, hogy bár elég bőven találhatók a foraminifera maradványok, *Fusulina* átmetszetet nem találtam. A foraminiferák közül legtöbb és legjobb megtartású egy *Endothyra* faj, mely a belga dinanti-emelet mészkövének Endothyra fajához áll legközelebb.

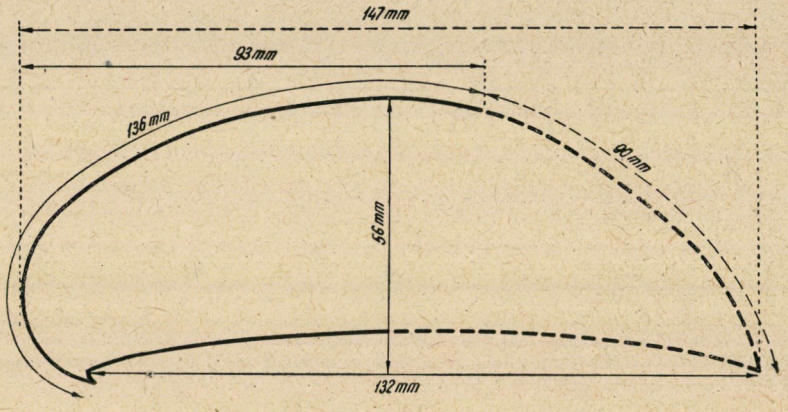
A másik kövületnyom vékonyhéjú, negytestű kagyló átmetszete volt. Ezek az átmetszetek fehér színükkel a fekete mészkőalaptól jól elütöttek, de kiszabadításuk a kőzetből lehetetlen volt. Számtalan 1—2 cm átmérőjű *Crinoidea* átmetszeten kívül sikerült *Productus* héjakat kiszabadítani. Ezek közül egyik példánynak a búbja is megmaradt. A nagyfontosságú lelet kiszabadítására ifj. *Noszky Jenőt* kértem meg, kinek munkájáért e helyen is köszönetet mondok.

A *Productus*-ok csoportja újabban számtalan átdolgozáson ment át. A régi *Productus* genust számos genusra bontották. Bár a szabadbattyáni

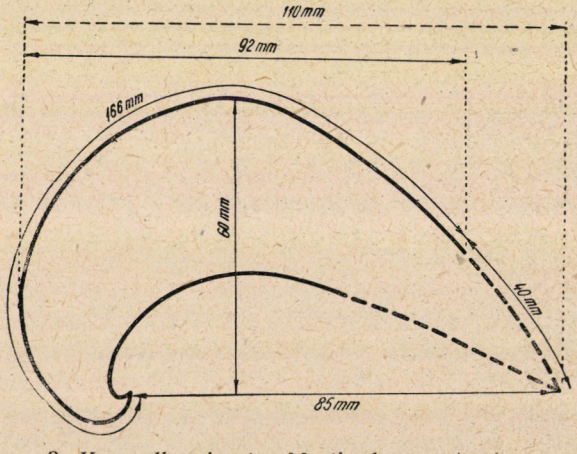
példány a *Productus giganteus* csoportjába tartozott, semmiféle közép- vagy nyugateurópai fajjal azonosítani nem tudtam. Az irodalmi vonatkozások és



1. *Kansuella transdanubica* n. sp. keresztmetszete



2. *Kansuella transdanubica* n. sp. hosszmetszete



3. *Kansuella gigantea Martin* hosszmetszete

Prentice productus-specialistával való levelezés keleti összefüggésekre utalt. Sajnos, a legújabb irodalmat megszerezni nem sikerült és ezért csak a rendelke-

zésre álló régibb irodalmat használhattam fel. Ezek alapján *Chao Y. T. Kansuella* genusába sorolható. Ebben a genusban foglal helyet különben a *Productus giganteus Martin* faj is, mely a *Productus*, *Gigantella* és *Striatifera* genusokon keresztül vándorolva, végül itt kapott helyet.

Kansuella transdanubica n. sp.

Ebből a nagytestű alakból eddig két hasi teknőt sikerült a szabadbattyáni mészkőből kiszabadítani, az egyik búbos példány, de a héj peremei itt nem teljesek, letörtek. A második példány hiányosabb, ezen még a búb is hiányzik. Bár a kőzetben sok helyen látszik nagy *Productus* héjak átmetszete, teljes példány még nem került elő. A háti teknőnek csak nyomai vannak. A jobb megtartású példány a görbület alapján kiegészíthető és így néhány jellemző méretet közelítő pontossággal meghatározhattam.

Legközelebb áll a *K. gigantea Martin* és a *K. kansuensis Chao* fajokhoz. Mindkettőtől különbözik abban, hogy a magassága valamivel nagyobb, mint a szélessége, míg amazoknál a szélesség 2—3-szorosa a magasságnak. Bár példányomon az elülső és oldalsó peremek széle letörött, megállapítható, hogy a héj szélessége és magassága közel azonos nagyságú volt.

Pontosabban megállapítható a görbületi hosszúság és a magasság aránya. Ez a *K. transdanubica* példányain 1,53, a *K. gigantea* egy rendelkezésemre álló angliai példányán, melyet *Prentice* (University of Manchester) szívességének köszönhetek, a görbületi hosszúság és a magasság aránya 1,8, végül a *K. kansuensisnél Chao* adatai szerint 1,39—1,49 közt változik.

A búbszög a *K. transdanubica* esetében 98°; a *K. gigantea* esetén 110—115°, a *K. kansuensisnél Chao* ábrája után mérve 108° körüli értékű. A sugaras bordák a búbtól 4 cm távolságra mérve 5 mm hosszúságban a következő számban helyezkednek el az egyes fajokon:

K. transdanubica 7—8.

K. gigantea rendelkezésemre álló példányán mérve 5—6, *Paeckelmannak* a német alsó-karbonból származó példányain 3—4.

K. kansuensis-nél *Chao* szerint 7—8.

Az új faj tehát finomabban vonalkázott és így a *K. gigantea*tól héjdíszítése alapján azonnal megkülönböztethető.

Az új faj héján nincsenek olyan erősen kifejlődött radiális redők, mint a *K. gigantea*nál. Némi radiális redőződés észrevehető, ezek azonban kevéssé feltűnők, nagyon laposak, 4—5 mm szélesek.

Sokkal jobban látszanak a héj koncentrikus ráncai. Ezek a *K. transdanubica* héján, különösen a búb táján és a laterális szárnyak felé látszanak élesen A búb felé 2—2,5 mm szélesek és a köztük levő mélyedés is azonos nagyságú. Az elülső perem felén a ráncok 5—6 mm szélesek, a közti mélyedések azonban keskenyek maradnak, 2,5—3,0 mm szélesek csupán.

A bordák elrendeződése a koncentrikus ráncok miatt szalagosnak látszik. A hasi teknő belső oldalán jól látszik a keskeny, egyenes záróperem. A záróperem felett a búbnál háromszögű area figyelhető meg.

A háti teknő különleges hajlása jól látható a példány letört, elülső pereménél, keresztmetszetben. Ezen a keresztmetszeten látható, hogy a hasi héj vastagsága 13,3 mm-t elér, a háti csupán 2,6 mm vastag. A kettő közti viscerális üreg 12,4 mm nagy. Az új fajnak a két héjon keresztül mért vastagsága ezen a helyen mintegy 3 cm lehet. A két héj közt még egy harmadik lemez nyomai is láthatók a keresztmetszetben. Ez nyilvánvalóan a diafragma maradványa, mely az elülső peremet lezárta.

A héjat díszítő tüskék eredő helye a héjon helyenként jól látszik. Ezek alapján megállapítható, hogy a tüskék azonos elrendeződésűek a *K. gigantea* faj tüskéivel, gyéren és szórtan állanak.

A *K. transdanibuca* különbözik a *K. gigantetá*ól kisebb görbültsége, kisebb búbszöge, finomabb vonalozottsága, jól kifejlett koncentrikus ráncoltsága által, valamint mély radiális redőzöttség hiányával.

K. kansuensis fajtól különbözik abban, hogy a magassága meghaladja a szélességet, a búbszöge kisebb, az areája a búb alatt határozottan látható háromszöggé szélesedik, a hasi teknő közepén nincs tarajszerű kidomborodása. A különbségek mindazonáltal nem olyan nagyok, mint a *K. gigantea* felé. Így a *K. transdanubica* a *K. kansuensisnek* legközelebbi rokonaként tekinthető, mely az ázsiai karbon tenger jellemző faját a karbon Földközi-tenger európai részén helyettesíti. Feltűnő az, hogy sem Németország, sem Anglia, sem Franciaország vagy Belgium karbonjából nem írtak le még hasonló fajt sem. Ezzel szemben *Chao Yanishevszkyre* hivatkozva Fergana alsó-karbonjából is kimutatja a *K. kansuensis*t. A kínai előfordulás Kansu kerületben (tartományban) az alsó-karbon viséi emeletében található.

IRODALOM:

Chao Y. T.: Productidae of China. Part I. — Part II. Peking 1927—1928. Paleontologia Sinica. Series B. Vol. V. fasc. II.—III.

Paeckelmann W.: Die Brachiopoden des deutschen Unterkarbons. 2. Teil: Die Productinae und Productus-ähnlichen Chonetinae. Berlin 1931. Abhandlungen der Preussichen Geologischen Landesanstalt. Neue Folge. Heft 136.

Fredericks G.: Communication for the Classification of the Genus Productus. Bulletin du Comité Géologique Leningrad. 1927. — 28. Vol. XLVI. No. 7.

Dunbar C. O. — Condra G. E.: Brachiopoda of the Pennsylvanian System in Nebraska. 1932. Bulletin of Nebraska Geological Survey. 2 Series No. 5.

Thomas I.: The British Carboniferous Producti. I. Genera Pustula and Overtonia. 1914. London. Memoirs of the Geological Survey of Great Britain. Paleontology. Vol. I. pt. 4.

Muir—Wood M.: The British Carboniferous Producti. II. Productus (s. str.), Semireticulatus and Longispinus Groups. Memoirs of the Geological Survey of Great Britain. Paleontology. Vol. III. pt. 1. London. 1928.

Koninck L.: Monographie du Genre Productus. 1847. Liége. Mémoires de la Société R. des Sciences de Liége. T. IV. pt. I.

Davidson T.: A Monograph of the British fossil Brachiopoda. Transaction Paleontological Society. London 1858—1884.

Sowerby J.: The Mineral Conchiologie of Great Britain. 1823—1845. London.

Prentice J. E.: The Hemisphaericus—like Gigantellids of the Southern Pennines. Proceedings of the Yorkshire Geological Society. Vol. XXVII. pt. 4. 1949.

Rakusz Gy.: Dobsinai és nagyvisnyói felső-karbon kövületek. Geologica Hungarica, Series Paleontologica. No. 8. Budapest, 1932.

Másik fontos szintjelző kövület a korallok közé tartozik. Kőzetcsiszolatban találtam meg a keresztmetszetét.

Hexaphyllia mirabilis Duncan

Ez a különleges korall *Schindewolf* tanulmánya szerint a *Hexacoralliák* ordójába, egy külön új subordóba, a *Heterocoralliák* közé tartozik, ahova csak a *Heterophyllida* család sorolható, mely egészen rövid életű, csak az alsó-karbonra szorítkozik és csupán két genus, a *Hexaphyllia (Stuck)* és *Heterophyllia (M'Coy)* képviseli.

E korallokra a kis átmérő és a hosszúra való megnyúlás jellemző. Az átmérők a különböző fajoknál 1,8—3,3 mm közt váltakoznak, ugyanakkor a hosszuk 50 mm is lehet.

A szabadbattyáni példány keresztmetszetét három csiszolatban is megtaláltam. Azonnal feltűnik az eredetileg négysugarú septum másodlagos elágazása hatsugarú septummá. Ez a különös jelleg, amely külsőleg a tetra- és hexakorallok átmeneti formájának látszik, annyira jellemző, hogy tévedés nem lehetséges a genus felismerésében. A szabadbattyáni példányok átmérője 0,71 mm, falvastagságuk 0,070—0,098 mm. Ez a nagy falvastagság, az alak kifejezetten hatszögletes volta, továbbá a septumoknak megfelelő sarkokon tüskék megjelenése a külső falon, egyértelműleg a *Hexaphylla mirabilis Duncan* fajra utal. A tüskék hossza a csiszolatban 0,126—0,21 mm. A fenéklemezek (basalis lemezek) csiszolataimban nem láthatók.

Schindewolf professzornak, e korallcsoport monografusának budapesti látogatásakor 1943-ban alkalmam volt megmutatni példányomat, ki meghatározásomat megerősítette.

Előfordul Sziléziában a felső visée D_2 zónájában (Dibunophyllum), Anglia alsó-karbonjában, Japán alsó-karbonjában, Novaja Zemlja alsó-karbonjában, Közép Oroszország Tula és Kaluga környékének alsó-karbonjában.

IRODALOM:

Schindewolf O. H.: Zur Kenntnis der Heterophylliden, einer eigentümlichen paläozoischen Korallengruppe. Paläontologische Zeitschrift. Bd. 22. No. 3—4. Berlin 1941.

Stuckenberg A.: Anthozoen und Bryozoen des unteren Kohlenkalkes von Central-Russland. Mémoires du Comité Géologique. Nouvelle série. V. 14. (St.-Pétersburg) = Leningrad, 1904.

Yabe H. — Sugiyama T.: Discovery of Hexaphyllia in the Lower Carboniferous of Japan. Journal Geol. Soc. of Japan. Vol. 46. Tokyo 1939.

Yabe H. — Sugiyama: Notes on Heterophyllia and Hexaphyllia. Journal Geol. Soc. of Japan. Vol. 47. Tokyo 1940.

Carruthers R. G.: Notes on the carboniferous Corals collected in Nowaja Semlja. Edinburgh, 1909. Trans. Roy. Soc. Edinburgh. Vol. 47.

Ugyancsak csiszolatban sikerült megtalálni egy szintjelző mészalgát is.

Ortonella furcata Garwood

Mikroszkóp alatt csoportokban, kisebb-nagyobb konkréciók formájában található mintegy 0,015 mm vastag csövecskék halmazaként. Sikerült oly metszeteket is találni, ahol a középponttól kiágazó sugaras telepszerkezet jól látszik. A csövecskék 40° körüli dichotomiája is jól megfigyelhető. Hasonlóan más mészalgákhoz, melyek a paleozoikumban szintjelző szerepet töltenek be *(Mitcheldeania, Girvanella)* az *Ortonella* is az angol alsó-karbon tournaisi emelet C_1 (Caninia) zónájában szintjelez. Ez a zóna közvetlenül a visée emelet alatt helyezkedik el. Kimutatták Belgium alsó-karbonjából is.

IRODALOM:

Garwood E. J.: The lower carboniferous succession in the North-West of England. Quarterly Journal of the Geological Society of London. 1912. Vol. 68. No. 4., Pl. 47. Fig. 2.

Garwood E. J.: On the important part played by calcareous algae at certain geological norizons, with special reference to the paleozoic rocks. London, 1913. New series, decade V. Vol. X. No. 10—11—12.

Cayeux L.: Les roches sedimentaires de France. Roches carbonatées. Paris 1935. Pl. III. fig. 11.

Evans J. W. — Stubblefield C. J.: Handbook of the Geology of Great Britain. London. 1929.

A többi talált kövület nem tekinthető szintjelzőnek, vagy olyan megtartású, hogy biztos meghatározást nem enged meg. A fauna kibővítésére tehát csak újabb kőzetanyag feltárásakor számíthatunk. E célból a szükséges előkészületeket megindítottam. Kövületeim közül egy nagytestű *Productus* héj díszítése alapján valószínűleg a *Plicatifera humerosa Sow.* alakkörébe tartozik és így az alsó-karbon európai lelőhelyei felé való kapcsolatra utal. A szovjet területen is előfordul, viszont *Chao* Kínából nem említi.

A *Gastropodák* közül egy közelebbről meg nem határozható *Euphemus* fajt sikerült a kőzetből kiszabadítani.

Az első faunaleleteket rétegtanilag elemezve, azok határozottan alsó-karbon kort jeleznek. A *Productus*-félék, valamint a korall viséi emeletre, még pedig annak is a felső részére, a mészalga pedig a tournai-e emelet felső részére utal. Ezt állapította meg *Kolosváry Gábor* is »*Magyarország permo-karbon koralljai*« című, a közelmultban a Földtani Közlöny 81. kötet 1—6. füzet 1951. megjelent tanulmányában, ahol a szabadbattyáni mészkőből *Kiss János* gyűjtése alapján alsó-karbon korallokat határozott meg. Fontos a kor meghatározása szempontjából az a negatívum, hogy az elég gazdagnak ígérkező mikrofaunában *Fusulinák* eddig nem kerültek elő, ami szintén alsó-karbon kor mellet szól.

Figyelemre méltó a keleti, ázsiai lelőhelyekkel való kapcsolat. Jelentős paleogeográfiai problémákat old meg a szabadbattyáni tengeri alsó-karbon kimutatása. A Kárpátok belsejében helyet foglaló Tisia tömeget általában mint elválasztó szárazulatot tekintettük a Földközi-tenger és a középeurópai térség közt a paleozóikumban. A »Keleti szárazulat« fogalma miatt a magyar medence a paleogeográfiai térképeken fehér folt maradt. A dobsinai, bükkhegységi tengeri felső-karbon a Kárpátok külső oldalán levő sziléziai kontinentális területek miatt elszigetelt helyzetű. *Rakusz* megállapította a felső-karbonra vonatkozólag az orosz karbonnal való faunarokonságot, de az említett elszigetelt helyzet miatt a Földközi-tenger felől keresi a keleti karbon tengerrel való kapcsolatot. *Schréter Zoltán* kimutatta a Bükk-hegység tengeri perm rétegeit. Ezek ugyancsak keleti vonásokat mutatnak a *Lyttonia* és korall faunájuk alapján. Térbelileg ezek is elszigeteltek a keleti területek perm tengerétől. A Dinaridákból, Dalmáciából kimutatott tengeri perm (*Vogl Viktor* paleodiásza) ugyancsak Földközi-tenger felőli összeköttetésre mutat.

A szabadbattyáni alsó-karbon előfordulás jól beleilleszkedik az előző felfedezések láncolatába. Területileg kulcshelyzetet foglal el, megteremti az összeköttetést a Kárpátok belsejében levő paleozoikum és a Földközi-tenger közt. Az új tények megvilágításában a Kárpátok gyűrűjében levő Tisia maszivum, »Keleti szárazulat« is veszít titokzatosságából, melyet röviden abban a negatívumban foglaltunk össze, hogy »itt ősi szárazulat volt«. Besüllyedt medencéink mélyén vonulatokban elrendezkedve nemcsak a mezozoikum, hanem a paleozoikum rétegsorai is rejtőzködnek. Ezek a vonulatok a legújabb geofizikai és fúrási adatok szerint egyes helyeken elérhető mélységben megtalálhatók.

Karbonkori kőszénelőfordulás lehetősége a Dunántúlon

Az előbbi elméleti fejtegetéseknek van gyakorlati vonatkozása is. Európában az alsó-karbon tengeri üledékei felett a gazdaságilag nagyjelentőségű produktív felső-karbon rétegek következnek értékes fekete kőszén telepekkel. A keleti (Szovjet és ázsiai) területeken az alsó-karbonkori kőszéntelepek előfordulása is ismert. A szabadbattyáni alsó-karbon rétegsor felfedezése alapján feltehető, hogy a fedő rétegsorában fiatalabb rétegek alatt elfedve, a produktív felső-karbon is kifejlődhetett. A tengeri karbon mészkő mellett szürke-fekete agyagpalák és homokkövek találhatók túlnyomóan. Ezek a kőzetek a kőszéntelepek kísérő rétegei közt is nagy szerepet játszanak.

A dunántúli karbonkori kőszéntelep előfordulásának, jelentőségét felesleges magyaráznom. A tét nagy, érdemes megkockáztatni a feltáró fúrásokat. Ismétlem, hogy itt csak lehetőségről van szó, nem bizonyosságról. A bizonyítékot akár pozitív, akár negatív értelemben csak fáradságos kutatómunkával, fúrásokkal, szerezhetjük meg. Néhány év óta sürgetjük a kutatófúrások megindítását ezen a területen.

Tekintsük át a lehetőségeket.

1. A kontinentális kifejlődésű (kőszéntelepes) és a tengeri kifejlődésű karbonterületek esetleg a Dunántúlon érintkeznek egymással. Ebben az esetben a kutatások kijelölhetik a produktív karbon facies elhelyezkedését a Magyar-medencében.

2. A szabadbattyáni karbonrétegek vagy keleti típusúak, (ebben az esetben még az alsó-karbon rétegsorban is lehet kőszéntelep), vagy nyugati kifejlődésűek, ebben az esetben a felső-karbon rétegsorban várható kőszéntelep kifejlődése.

3. A szerkezeti viszonyok tárgyalásánál említettem, hogy az Úrhida—Szabadbattyán közt feltételezett paleozoi medence lehet egyszerű, vagy több párhuzamos vonulatba gyűrt szerkezetű. Előbbi esetben már egy jól elhelyezett mélyfúrás is tisztázhatja a paleozoi medence rétegsorát és esetleges kőszéntelepét. Utóbbi esetben csak több fúrással lehetne e rétegsort és esetleges kőszéntelep előfordulását tisztázni, mivel akkor a medence különböző pontjain más-más paleozoi réteg helyezkedik el fiatal takarórétegek alatt.

4. Végül a fúrásokból megállapítható lenne, hogy a karbon kulm, vagy grauwacke faciesben fejlődött ki és így nem kőszéntelepes ; továbbá az is, ha a szabadbattyáni karbon csupán egy kicsiny eróziós maradvány lenne és a többi karbon réteg már a földtani mult folytán erózió áldozata lett.

Amint ebből az összeállításból látjuk, több eshetőség van arra, hogy a fúrások negatív eredménnyel végződnek, mint arra, hogy kőszéntelepes kifejlődésű karbon rétegsort tárjanak fel. Mégis azt hiszem, nem csak fontos tudományos szempontok, hanem bányászati lehetőségek miatt is ezeket a kutatófúrásokat el kell végezni.

A kutatások sorrendjét egy a szabadbattyáni karbonelőfordulás közelében mélyített, legalább 300—400 méteres magfúrással kellene megindítani. Ez a karbon rétegsor felépítésére adna felvilágosítást. Ennek eredményei alapján valószínűleg északi irányban haladva, a karbon fedőrétegeinek felderítése és a karbonmedencét fedő rétegek vastagságának megállapítására (egyelőre nem megadható) mélységű fúrások sorozatát kellene telepíteni Úrhidáig.

Ha a medence harántirányú felkutatásával végeztünk és érdemesnek mutatkozik a feltárások folytatása, úgy az itt leírt szelvényre merőleges irányban (pontosabban meghatározva, a medence hossztengelye irányában) egészen a Balatonig végzett fúrásokkal a hosszúsági kiterjedést is meg kellene vizsgálni. Ha ezek a fúrások csupán tudományos eredménnyel végződnek is, akkor is hatalmas lépéssel vinnék előre a Magyar-medence mélyén levő eltakart képződmények ismeretét. Pozitív esetben pedig nemzetgazdaságunk részére nagyjelentőségű kőszénterületet tárnának fel.

Összefoglalás

1. A földtani viszonyok alapján lehetőség van az ólomérc előfordulásának az eddiginél nagyobb csapáshosszban és mélység felé való feltárására.

2. Faunával kimutatható alsó-karbon (visée) rétegeket sikerült a felszín alatt eltakarva megtalálni.

3. A karbonrétegek előfordulása indokolttá teszi produktív felső karbonrétegek, esetleg fekete kőszén létezését eltakart helyzetben. Ezek kutatására Szabadbattyán környékén fúrások indokoltak.

Az előadáshoz hozzászólt:

CSAJÁGHY G., KISS J.,
VENDEL M., VITÁLIS S.

IRODALOM AZ ÁLTALÁNOS RÉSZHEZ

Lee J. S.: The Geology of China. London, 1939.

Rakusz Gy.: Dobsinai és nagyvisnyói felsőkarbon. Budapest, 1932. Geologica Hungarica. Series Paleontologica. No. 8.

Heritsch F.: Karbon und Perm in den Südalpen und in Südosteuropa. Geologische Rundschau. 30. 1939.

Paul H.: Grundsätzliches zur Paläogeographie des europäischen Unterkarbon und über die Begriffe Kohlenkalk und Kulm. Geologische Rundschau, 30. 1939.

Heritsch F.: Die Stratigraphie von Oberkarbon und Perm in den Karnischen Alpen. Wien, 1934. Mitteilungen der Geologischen Gesellschaft in Wien. 26. 1933.

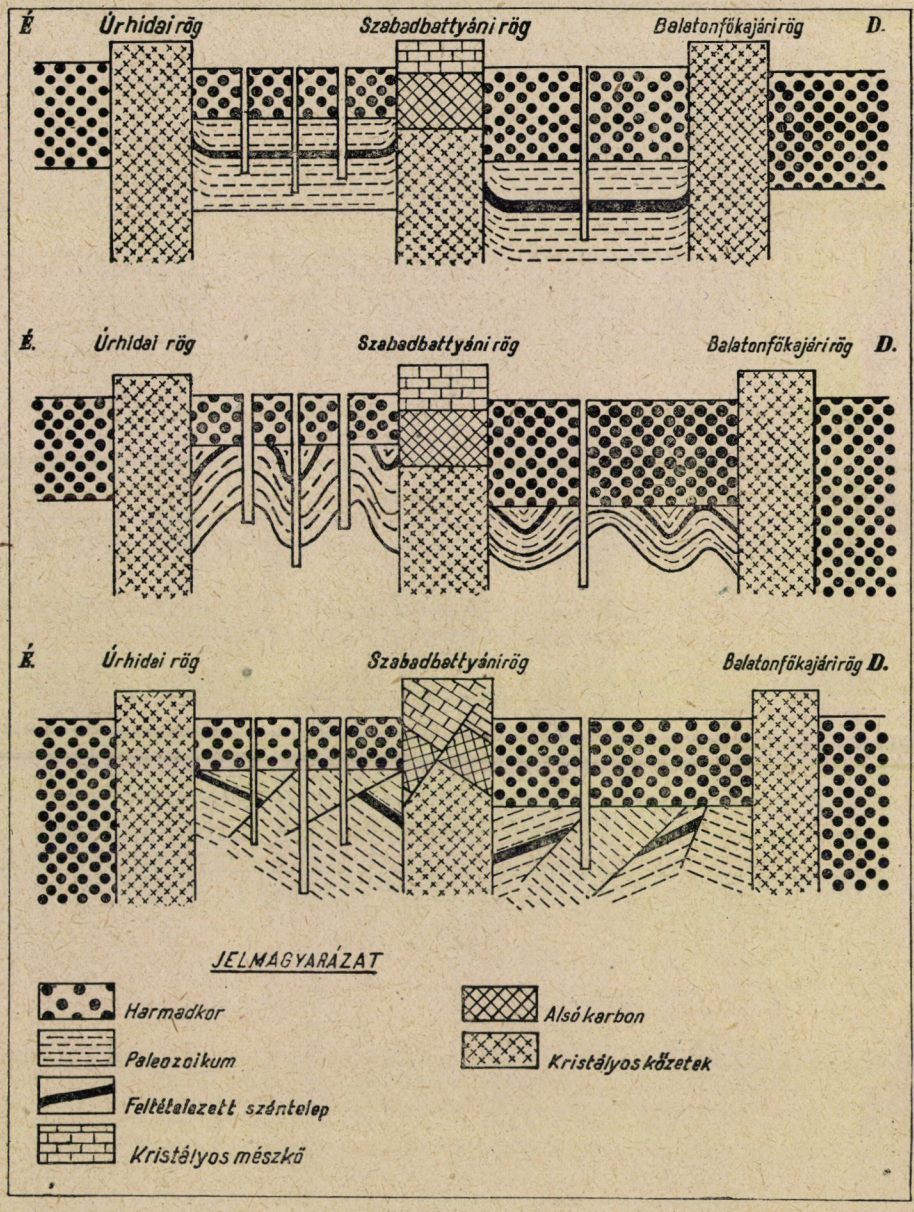
Delépine G.: Des zones à Goniatites du Carbonifére. Livre Jubilaire de Société Géologique de France. 1930.

Gignoux M.: Géologie stratigraphique. 1950. 4 édition.

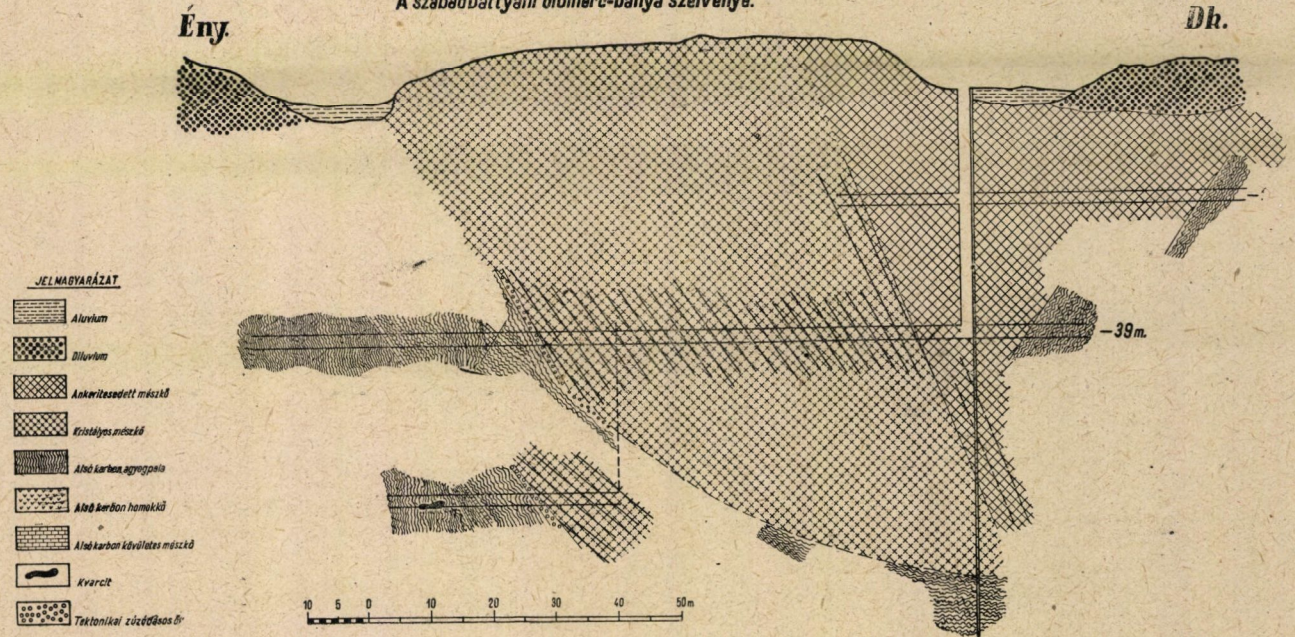
Haug E.: Traité de Géologie. 1927.

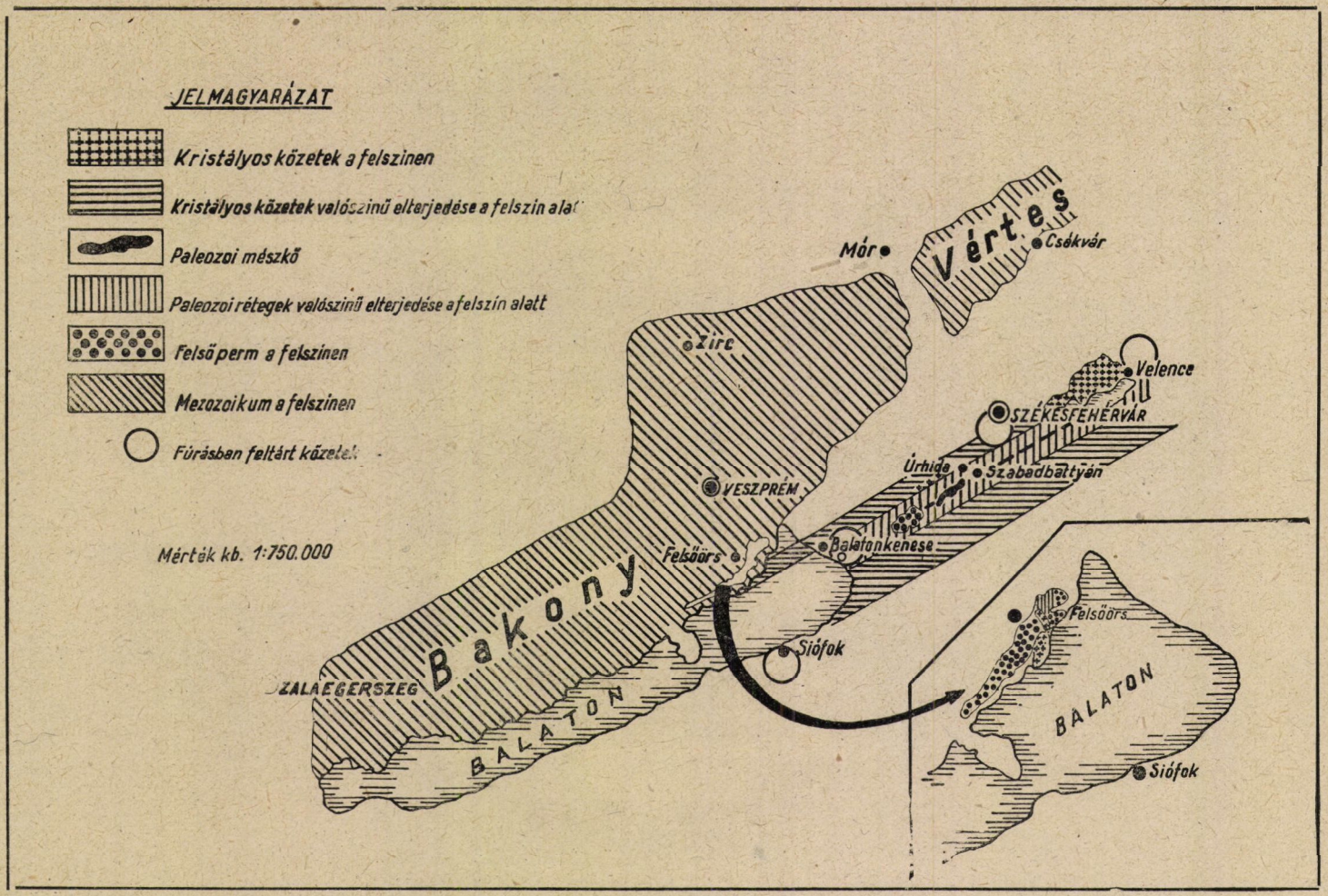
I. táblázat. Kansuellák méretei, adatok mm-ben

	Legnagyobb magasság	Magasság záróperem és elülső perem közt	Görbület hossza bubtól elülső peremig	Záróperem hossza	Szélesség	Ventrális teknő mélysége	Bubszög	Görbület hossza és magasság közti arány	Striák száma 5 mm-es szakaszon a búbtól 40 mm távolban
Kansuella transdanubica n. sp. Szabadbattyán Viséi-emelet	Kiegészítve = 147 Meglevő darab: = 93	Kiegészítve = 132 Meglevő darab: = 78	Kiegészítve = 226 Meglevő darab: = 136	Kiegészítve = ? Meglevő darab: = 63	Kiegészítve = ? Meglevő darab: = 116	Kiegészítve = ? Meglevő darab: = 56	98°	1,53	7—8 db
Kansuella gigantea Martin. Ticknall, Leicestershire, England. Viséi-emelet, D_2 öv	Kiegészítve = 132 Meglevő darab: = 92	Kiegészítve = 85 Meglevő darab: = 45	Kiegészítve = 206 Meglevő darab: = 166	Kiegészítve = ? Meglevő darab: = 75	Kiegészítve = ? Meglevő darab: = 105	Kiegészítve = ? Meglevő darab: = 60	114°	1,8	5—6 db
Kansuella gigantea Martin. Deutschland. Dinanti-emelet, *Paeckelmann* adatai szerint					A magasság kétszerese		110—115°		5 db
Kansuella gigantea Martin. Kuej-Csou, DNy Kína, Viséi, *Chao* adatai szerint	90	79	135	106?					3—4 db
Kansuella kansuensis Chao Kan-Szu, ÉNy Kína. Viséi: *Chao* adatai szerint	97		135	250?	250?		108° ábrán mérve	1,39	7—8 db


É
Úrhidai rög
Szabadbattyáni rög
Balatonfőkajári rög
D.
É.
Úrhidai rög
Szabadbattyáni rög
Balatonfőkajári rög
D.
É.
Úrhidai rög
Szabadbattyáni rög
Balatonfőkajári rög
D.
JELMAGYARÁZAT
Harmadkor
Paleozoikum
Feltételezett szántelep
Kristályos mészkő
Alsó karbon
Kristályos kőzetek

A szabadbattyáni ólomerc-bánya szelvénye.

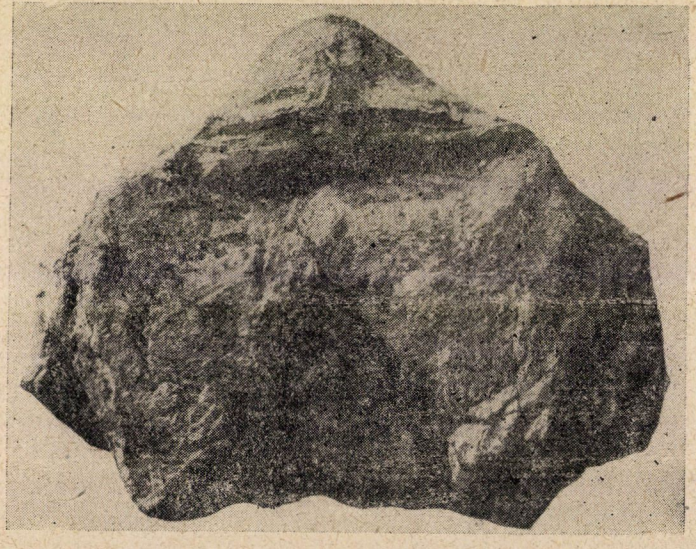



JELMAGYARÁZAT
Kristályos kőzetek a felszínen
Kristályos kőzetek valószínű elterjedése a felszín alatt
Paleozoi mészkő
Paleozoi rétegek valószínű elterjedése a felszín alatt
Felsőperm a felszínen
Mezozoikum a felszínen
Fúrásban feltárt kőzetek
Mérték kb. 1:750.000
Bakony
Vértes
Móri
Csákvár
Zirc
Velence
SZÉKESFEHÉRVÁR
Úrhida
Szabadbattyán
VESZPRÉM
Balatonkenese
Felsőörs
Siófok
ZALAEGERSZEG
BALATON
Felsőörs
BALATON
Siófok

I. tábla

Kansuella transdanubica n. sp. típus példánya

1. ábra. Ventrális teknő külső oldala



2. ábra. Ventrális teknő belső oldala

Fényképezte: Dömök Teréz

II. tábla

Kansuella transdanubica n. sp. típus példánya

3. ábra. Ventrális teknő oldalnézetben

4. ábra. Ventrális teknő a búb felől nézve
Fényképezte: Dömök Teréz

III. tábla *Kansuella transdanubica* n. sp. második példánya

5. ábra. Ventrális teknő kívülről
Fényképezte: Dömök Teréz

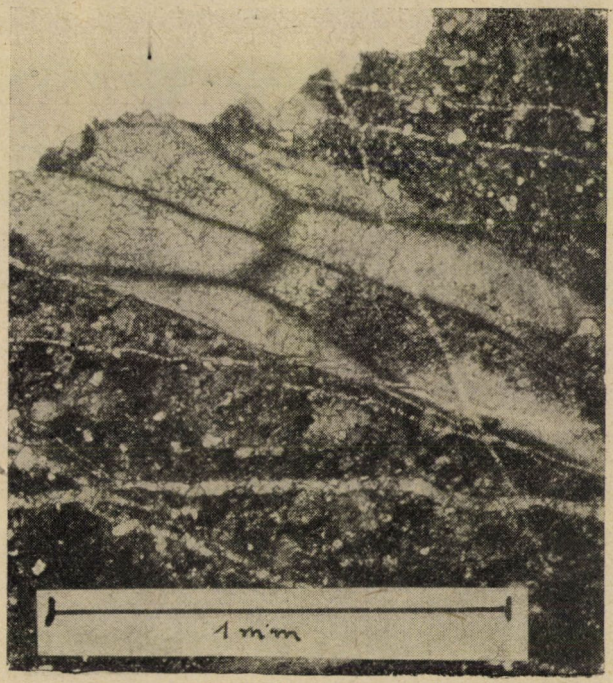
Hexaphyllia mirabilis Duncan vékonycsiszolatai

6. ábra Első példány keresztmetszet. Sp = tüske

IV. tábla

Hexaphyllia mirabilis Duncan vékonycsiszolatai

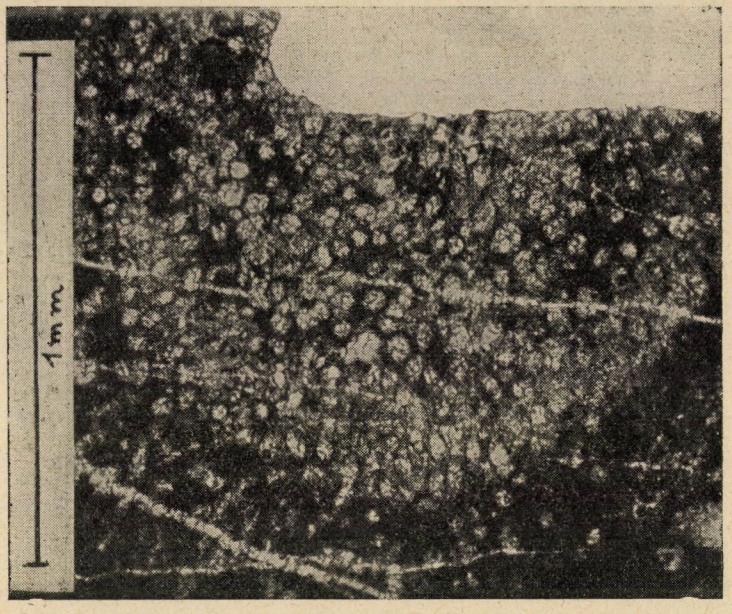
7. ábra. Összenyomott példány keresztmetszete. Sp = tüskék



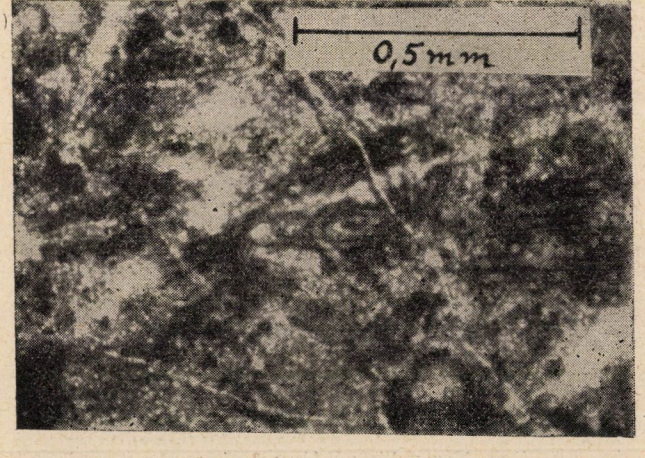
8. ábra. Harmadik példány ferde metszet
Fényképezte: Dr. Pellérdy Lászlóné

V. tábla

Ortonella furcata Garwood. vékonycsiszolatai

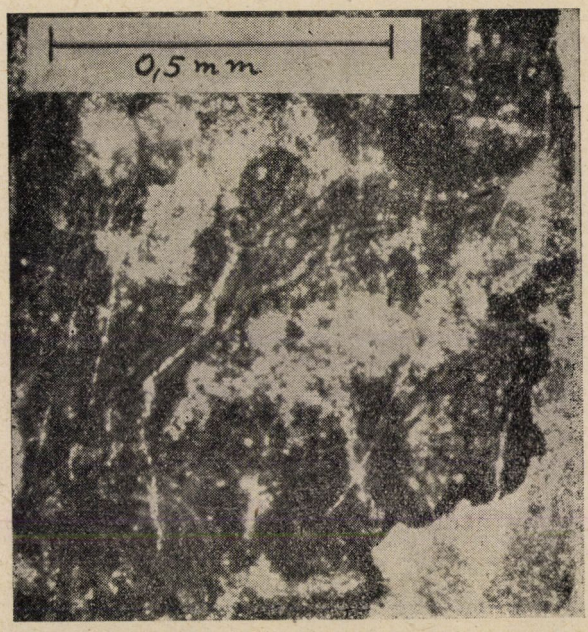


9. ábra. Konkréciószerű, sugaras felépítésű algatelep keresztmetszete

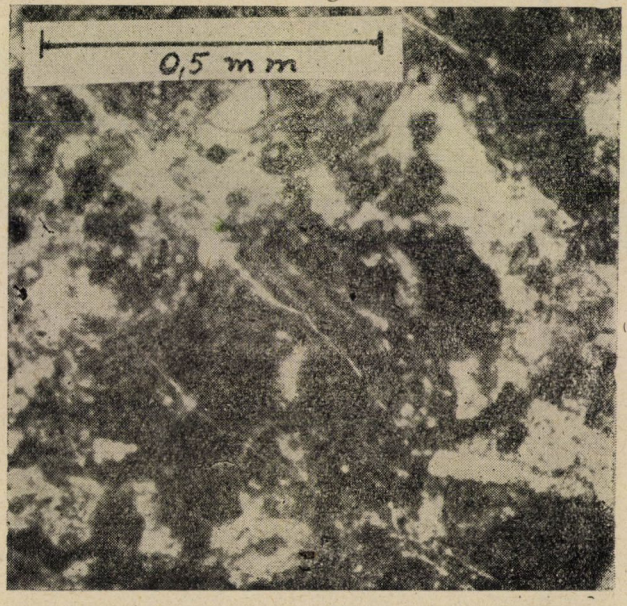


10. ábra

VI. tábla *Ortonella fuscata* Garwood vékonycsiszolatai



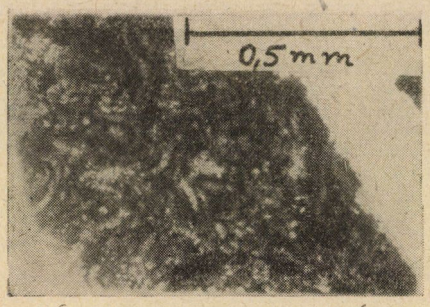
11. ábra



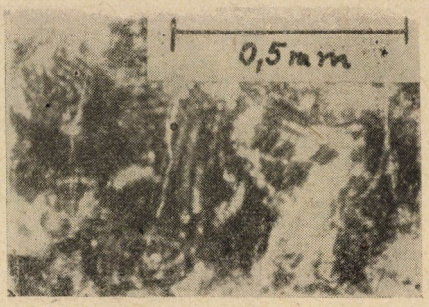
12. ábra

VII. tábla

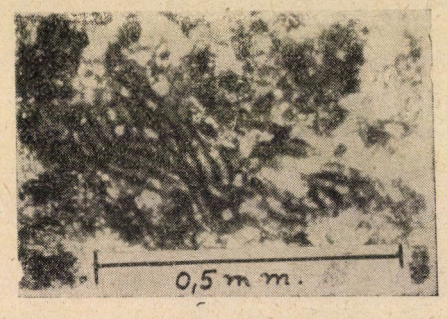
Ortonella fuscata Garwood vékonycsiszolatai



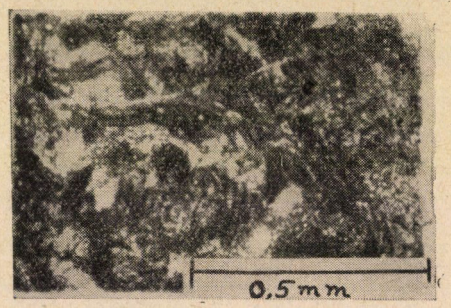
13. ábra



14. ábra



15. ábra



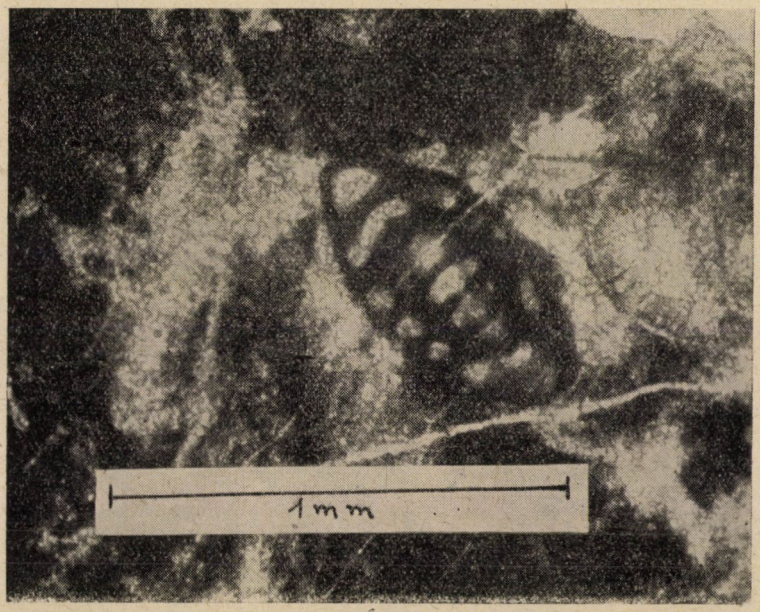
16. ábra

10—16. ábra. Algafonalak hosszmetszetei, jellegzetes bifurkációkkal

Fényképezte: Pellérdy Lászlóné

VIII. tábla

Endothyra sp. vékonycsiszolatai



17—18. ábra
Fényképezte: Pellérdy Lászlóné

MAGYAR BAUXITFAJTÁK ÁSVÁNYOS ÖSSZETÉTELÉNEK VIZSGÁLATA DIFFERENCIÁLIS TERMIKUS ELEMZÉSSEL

FÖLDVÁRINÉ VOGL MÁRIA
(Állami Földtani Intézet)

Mint ismeretes, a bauxit igen változó összetételű kőzet, melynek lényegét az alumínium-oxid hidrátjai alkotják. Több, kevesebb vasoxid vagy vasoxid-hidrát, kaolin, esetleg kvarc, titánásvány stb. — mint járulékos ásványok — kísérik az alumínium-hidrátokat. A régebbi bauxitvizsgálatok beérték csak a kémiai elemzéssel, mely a kőzetben szereplő oxidok százalékos mennyiségeit eredményezte. A kémiai elemzés azonban egymagában csak legfeljebb egészen hozzávetőleges és bizonytalan következtetéseket nyujthat a bauxit ásványos összetételére. A korszerű tudomány keres olyan módszereket, mellyel a bauxitot alkotó ásványokat könnyen meg lehet határozni. Ilyen alkalmas módszer, mely a bauxitkutatásoknál a röntgenvizsgálatok mellett gyakran szerepel, a differenciális termikus elemzés

Mult év őszén a Földtani Társulat egyik ülésén beszámoltam arról, hogy a Földtani Intézet vegyi laboratóriumában berendezkedtünk differenciális termikus vizsgálatok elvégzésére.* Berendezésünk javítgatásával azóta sikerült elérnünk, hogy a vizsgálatokat 1000 C°-ig végezhetjük és a melegedés sebességét már sokkal egyenletesebbé tudjuk tenni.

Differenciális elemzéssel elvben meghatározható minden olyan ásvány, mely hevítés folyamán meghatározott hőfokon valamiféle változást szenved és e változást hőelnyelés, vagy hőtermelés következtében az anyagban mérhető hőmérsékletbeli változás kísér. Ha az anyagban mért hőmérsékletbeli változásokat a kemence hőmérsékletével szemben ábrázoljuk, nyerjük a differenciális termikus görbét. Az egyes ásványfajták differenciális termikus görbéi az illető ásványra jellemzők és az ásvány felismerését lehetővé teszik.

Vegyük sorra azokat az ásványokat, melyeknek jelenlétére a bauxitban számítanunk kell s amelyeknek a meghatározása a vizsgálatoknál lényeges és gyakran előforduló feladat.

Hidrargillit (gibbsit), összetétele $Al_2O_3 3H_2O$, a bauxit egyik leglényegesebb ásványa. Az ásvány mintegy 34% vizet tartalmaz, amely több mint kétszerese

* A módszer elvét és a berendezés leírását l. Földt. Közlöny LXXXI. kötet 1—3 füzet, 91. oldal.

a kaolinban lévő víztartalomnak. Ez a magyarázata annak a nagy endoterm csúcsnak, mely a víz elvesztésekor 300—400 C° között fellép. A hidrargillitre jellemző endoterm csúcsnak pontos hőmérséklete az egyes szerzők szerint kissé eltér, azonban mégis 340 C° és 370 C° között van a legtöbb adat *(Norton*[1], *Orcel*[2], *Beck*[3], *Kauffman* és *Dilling*[4], *Kerr* és *Kulp*[5]*)*, viszont két irodalmi érték egészen eltér ezektől: *Gorbunov* és *Surügina*[6] 275 C°-nál, *Hendricks*, *Goldich* és *Nelson*[7] pedig 420—450 C° körül találták a hidrargillit csúcsát. Ez eltéréseket a készülékek különböző kalibrációs eltérései, a melegítés sebességének különbsége, esetleg az anyag tisztátalanságai okozhatják. *Vadász* professzortól rendelkezésemre bocsátott, Portóle-ból (Isztria) származó hévforrásos eredetű, tiszta hidrargillit (l. *Kormos* közleménye[12]) erőteljes endoterm kitérésének csúcsa készülékemen 340 C° körül jelentkezett. Ezt az értéket vettem bauxit-vizsgálataimnál a hidrargillit kimutatására megbízható alapul.

Böhmit $Al_2O_3H_2O$ (vagy másképp AlO[OH]) a magyarországi bauxitoknak szintén igen jelentős ásványa. A böhmit differenciális termikus görbéjére aránylag kevesebb irodalmi adat állt rendelkezésemre, mint a többi ásványokéra. *Gorbunov* és *Surügina* szerint a böhmit endoterm csúcsa 580 C° körül van, *Goldich* és *Nelson* szerint pedig a Var-i (Franciaország) bauxit böhmitjének a csúcsa 576 C°-nál jelentkezik. Vizsgálataimnál a böhmit görbéjének azonosítására a gánti minták böhmitjét fogadtam el, amelyekről közismert a túlnyomó böhmit-tartalom, azonkívül *Náray-Szabó* és *Neugebauer*[2] röntgen vizsgálatai szerint diaszport nem tartalmaznak. (Termikus vizsgálatnál egyébként fennállhatna a diaszporral való összetévesztés veszélye). *Készülékemen mérve a böhmit endoterm csúcsa 560—570 C°-on jelentkezik.*

Diaszpor összetétele megegyezik a böhmitével AlO(OH), jelenlétét a bauxitokban már a nehéz felfárhatóság is elárulja. Termikus vizsgálattal a böhmittől való megkülönböztetése bizonytalan, mert endoterm csúcsának a helyzete alig különbözik a böhmitétől. *Norton*, *Kauffman* és *Dilling*, *Kerr és Kulp* szerint 550 C°-nál, *Gorbunov* és *Surügina* szerint 540 C°-nál, *Goldich és Nelson* szerint pedig 590 C°-nál van a diaszpor endoterm csúcsa. A mi bauxitjaink közül közismerten diaszportartalmú a nézsai előfordulás. *E mintánál 540 C°-nál kaptam endoterm csúcsot*, tehát kb. 20 C°-al a böhmit csúcsa alatt a továbbiakban ezt vettem alapul.

Hematit (Fe_2O_3) előfordul a legtöbb bauxitmintában, de nincs jellemző differenciális termikus görbéje.

Goethit $Fe_2O_3\ H_2O$, a mi bauxitjainkban úgylátszik ritkábban előforduló ásvány. A termikus görbéjén vizének elvesztéséből származó endoterm csúcsa a különböző szerzők megállapításai szerint 390—420 C° körül van. Bár csúcsa elég közel fekszik a hidrargillit csúcsához, mégis kb. 40 C°-al magasabban és így a kettő egymástól megkülönböztethető.

Limonitok $Fe_2O_3\ nH_2O$ eléggé bizonytalan és nem jól definiálható ásványok, termikus görbéikre vonatkozó irodalmi adatokban is sok az ellentmondás.

Kaolinit gyakori járulékos anyag a bauxitokban, jellemző, jól definiált termikus görbéje van, 600 C°-körül jól kirajzolódott endoterm csúccsal (kristályvíz eltávozása) és 950 C° körül éles exoterm csúccsal (γ-Al_2O_3 képződés következményeképpen). Az exoterm csúcs jelentkezése a termikus elemzésnél döntő bizonyíték a kaolinit (általában kaolin csoport) jelenlétére és kizárja az 570 C° körüli böhmit csúccsal, vagy az ugyancsak ezen hőmérséklet körül jelentkező kvarc csúcsával való összetévesztést.

Kvarc is előfordulhat a bauxitokban. Termikus görbéjén 575 C°-on éles endoterm csúcsa van kristályos módosulatában való átváltozás következtében. A termikus elemzésnél úgy lehet megkülönböztetni a hozzá közeleső böhmittől és kaolinittől, hogy az anyag termikus görbéjét másodszori felmelegítéskor is felvesszük. Mivel a kvarc átváltozási folyamata reverzibilis, a görbét második esetben is hasonlóképpen meg kell kapnunk kvarc jelenlétében. Ezzel szemben a böhmit és a kaolin 600 C° körüli vízvesztesége irreverzibilis lévén, a csúcs nem ismétlődik meg.

A termikus vizsgálatokban fenti ásványokon kívül megmutatkozik a $CaCO_3$ szennyezés, ez esetben a CO_2 eltávozása következtében 830—840 C° körül endoterm csúcs alakul ki. Jelentkezik továbbá a termikus görbéken az organikus szennyezés is, ennek elégése következtében 300 C° és 500 C° között exoterm csúcs lép fel. Végül néhány mintában kifejezetten észlelhető volt az *alunit* jelenléte. Az alunitnek két endoterm és egy exoterm csúcsa van: egy nagyobb endoterm csúcs 530—540 C° körül, egy kisebb endoterm csúcs 810 C° körül és egy éles exoterm csúcs 730 C° körül. A két utóbbi csúcs csak nagyobb alunittartalom esetén jelentkezik, iszkaszentgyörgyi bauxitmintáimban, továbbá valószínűleg a már említett isztriai hidrargillit-mintában csak az első endoterm csúcs jön kifejezetten.

Különböző bauxitelőfordulásainkból mintegy 40 mintát vizsgáltam meg eddig. E minták nagyrésze bauxit volt, néhány pedig bauxitot kísérő agyagminta. A bauxitminták egyik csoportja főképpen hidrargillitesnek, másik csoportja hidrargillites-böhmites vegyes bauxitnak, a harmadik csoportja főképpen böhmitesnek, a negyedik csoportja pedig diaszporos bauxitnak minősíthető.

A termikus elemzésen kívül a legtöbb bauxitminta vegyelemzését is elkészítettem, vagy, ha már kész vegyelemzést kaptam, azt felhasználtam. Néhány bauxitmintának termikus görbéje és vegyelemzési adatai alapján megkíséreltem hozzávetőleges százalékos ásványi összetételét is kiszámítani.

1. Hidrargillites bauxitok

E csoportba 6 bauxitmintát soroltam és idecsatoltam az isztriai hidrargillitmintát is.

1. Portole (Isztria) hévforrásos hidrargillit.
2. Iszkaszentgyörgy, Kincses külfejtő első rész (*Földvári* gyűjtése).
3. Iszkaszentgyörgy, Kincses külfejtő hátsó rész (*Földvári* gyűjtése).
4. Iszkaszentgyörgy, József lejtaknától jobbra (*Földvári* gyűjtése).
5. Isztimér (Bakony) Vöröshegy (*Vadász* gyűjtése).
6. Szentkirályszabadjáról származó pannoniai édesvizi alapkonglomerátumból bauxitgörgeteg (*Vitális S.* gyűjtése).
7. Csabrendeki (Margot-bánya) fehér tűzálló bauxit kaolin (*Vadász* gyűjtése).

Vegyelemzési eredmények:

Minta száma	SiO_2 %	Al_2O_3 %	TiO_2 %	Fe_2O_3 %	Izzítási veszt. %	Elemző
1.	—	—	—	—	36,77	*Földváriné*
2.	22,93	49,87	2,02	2,93	22,26	«
3.	10,02	47,28	2,90	12,62	27,18	«
4.	3,53	—	—	—	22,90	«
5.	18,59	42,14	2,96	14,89	21,42	«
6.	0,69	32,55	2,63	39,28	22,95	«
7.	16,95	53,84	nyom.	1,40	27,81	«

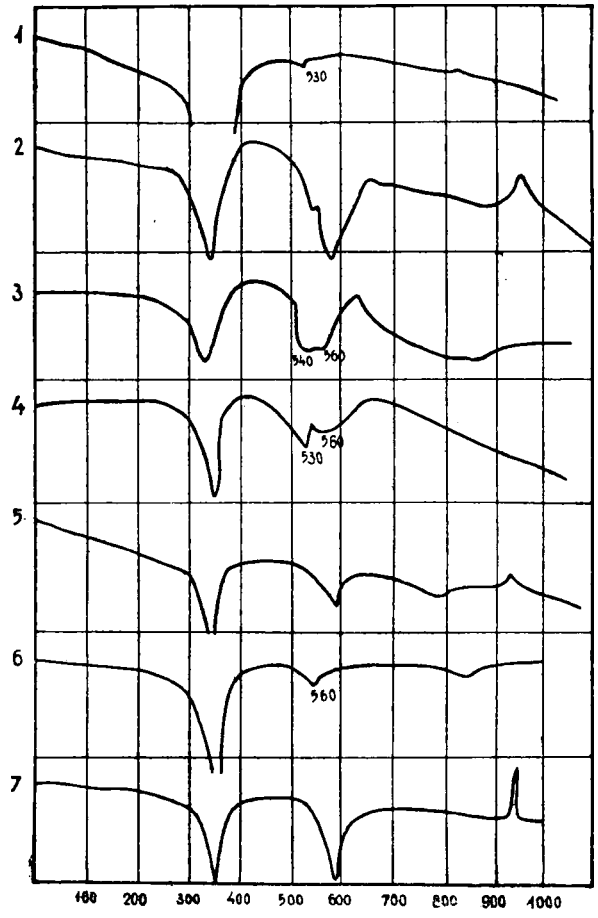
A termikus görbék alapján kvalitatíve megállapítottam a minták ásványos összetételét, a kémiai elemzéseket is figyelembe véve megkíséreltem egyik-másik mintában hozzávetőlegesen az ásványok mennyiségi arányait is kiszámítani.

1. minta. Hidrargillit minta a jellemző 340 C° körüli csúccsal. Az 530 C°-nál jelentkező csúcs valószínűleg alunit szennyezéstől van. 2. minta, 3. minta és 4. minta. Erősen hidrargillit tartalmúak. A 2. mintában nagy kaolin szennyezés látszik (600 C° körüli endoterm és 930 C°-nál exoterm csúcs), a 3-ban kevesebb kaolin szennyezés van, a 4-ben nem láthatók a kaolin csúcsai. Mindhárom minta alunit szennyezést mutat, leginkább a 4. sz., kevésbbé a 3. sz., legkevésbbé a 2. sz. minta. (A szulfáttartalmat nem határoztam meg.) Azonkívül a 3. és 4. sz. mintánál böhmit szennyezés is jelentkezik 560—570 C°-nál. A 2. sz. mintánál az ásványos összetételt ki is számítottam, kb. 49% kaolin, 44% hidrargillit adódott, a többi alunit, vasoxid és titándioxid.

Az 5. sz. mintában hidrargillit mellett sok kaolin szennyezés van. A 6. sz. minta különös érdekességű, mert lelőhelyén diótól ökölnyi kemény barnásszínű görgetegek alakjában mint másodlagos előfordulás található (*Vitális S.*). A minta sok hidrargillit mellett kevés böhmit szennyezést (560 C°) és sok $CaCO_3$ szennyezést (830 C°) mutat. A vegyelemzése szerint feltűnően kevés a kovasav és sok a vasoxid tartalma. Önkénytelenül kínálkozik az összehasonlítás lehetősége azokkal a kemény gumós pizolitos görgetegekkel, melyeket *Vadász* említ az iszkaszentgyörgyi előfordulás felszínén. A két minta kémiai

elemzése is hasonló, csak a szentkirályszabadjai mintában több a vas az alumínium rovására.

A 7. sz. mintában sok hidrargillit mellett sok a kaolin. Ásványos összetételét kiszámítva, kb. 36% kaolint és kb. 61% hidrargillitet tartalmaz. A többi vasoxid, vagy vasoxid-hidrát.



1. ábra

II. Hidrargillites böhmites vegyes bauxitok

E csoportba a megvizsgált bauxitmintáim közül következőket soroltam:

8. Iszkaszentgyörgy, pizolitos sárga színű bauxit, Kincses külfejtő. (*Földvári* gyűjtése.)

9. Nagynémetegyháza, lilás bauxit, Lázár-féle 3. sz. kutatóakna. (*Vadász* gyűjtése.)

10. Halimba, Malomvölgy 1. sz. minta (*Vadász* gyűjtése).
11. Halimba, Malomvölgy 2. sz. minta (*Vadász* gyűjtése).
12. Alsóperei P. 1. sz. fúrás 110,35—110,55 m-ig (*ifj. Noszky* gyűjtése).
13. Alsóperei pizolitos minta a hányóból (*Pantó* gyűjtése).
14. A 13. sz. alsóperei mintából külön kiválasztott pizolitok.
15. Gánt, Hosszúharasztos, fehér bauxit (*Vadász* gyűjtése).

Vegyelemzési eredmények:

Minta száma	SiO_2 %	Al_2O_3 %	TiO_2 %	Fe_2O_3 %	Izzítási veszt. %	Elemző
8.	1,13	53,78	2,50	22,49	20,10	*Földváriné*
9.	9,85	55,65	2,30	10,06	21,58	«
10.	5,93	49,38	3,52	23,08	18,09	«
11.	1,25	49,13	3,11	27,52	18,99	«
12.	3,90	55,2	2,4	21,0	17,5	*Nagyné*
13.	4,79	55,16	2,41	19,26	18,38	*Földváriné*
14.	1,90	46,15	2,68	34,23	15,04	«
15.	2,5	68	—	—	17,4	—

Az eredmények a következőképen értékelhetők:

8. minta. A termikus görbe alapján látható, hogy sok hidrargillit mellett sok böhmit is van jelen. Az elemzés alapján következtetve a hidrargillit és böhmit közelítő aránya = 3 : 2.

9. minta. A hidrargillit láthatóan több, mint a böhmit, azonkívül kaolinszennyezés is mutatkozik. Az elemzés alapján kb. 20% kaolin adódik, azonkívül a hidrargillit aránya a böhmithez = 2 : 1.

10. minta. Hidrargillit több, mint böhmit.

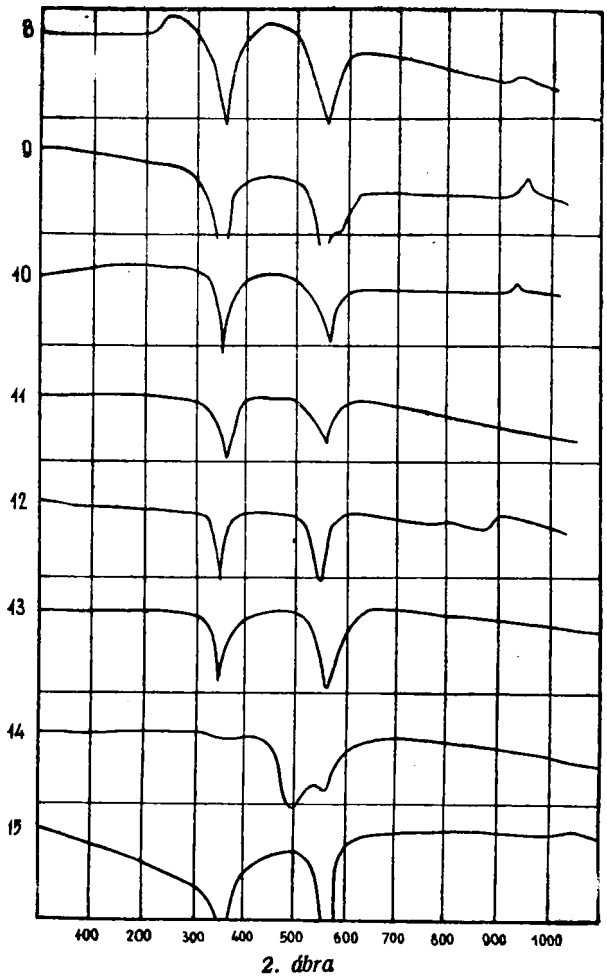
11. minta. Hidrargillit több, mint böhmit (arány kb. 5 : 3,5).

12. minta. A böhmit valamivel több, mint a hidrargillit (arány kb. 3 : 2).

13. minta. Az alsóperei mintának a nagy pizolitoktól megszabadított világos színű alapanyaga. Az apróbb pizolitok benne maradtak. A böhmit hidrargillit aránya itt kb. megegyezik az előző, 12. sz. alsóperei mintával.

14. minta. A 13. sz. alsóperei mintából kiszedett borsónagyságú sötétbarna pizolitok. Ezeknek termikus görbéjén a hidrargillit alig mutatkozott, viszont a böhmit csúcs jól látszott. E mellett kaptam még egy erőteljes csúcsot 500 C°-nál, amit irodalmi adatok alapján eddig értelmezni nem tudtam, de minden valószínűség szerint vasoxid valamilyen hidrátjának a bomlásából származik. A kémiai elemzés arra utal, hogy a pizolit itt is, mint *Gedeon* pizolitelemzéseinél[10] kovasavban szegényebb, mint az alapanyag, viszont vasban hozzáképest erősen feldúsult. Az alapanyaghoz képest csökkent még az izzítási veszteség értéke, ami összhangban van avval a ténnyel, hogy a pizolitban alig van hidrargillit.

15. minta. Több böhmitet tartalmaz, mint hidrargillitet, a böhmit-hidrargillit aránya kb. 4 : 1.



2. ábra

III. Főképpen böhmitet tartalmazó minták

A megvizsgált minták közül a következők sorolhatók e csoportba :

16. Gánt, 4. sz. kutatóakna (*Telegdi Róth K.* gyűjtéséből).

17. Gánt, kutatótáró a Gránási-hegy ÉK-i oldalán, fehér bauxit, lencseszerű beágyazás (*Telegdi Róth K.* gyűjtése).

18. Gánt. Kutatótáró. I. akna (*Telegdi Róth K.* gyűjtése).

19. Gánt, I. sz. akna hányója (*Telegdi Róth K.* gyűjtése).

20. Gánt, II. sz. akna C réteg (*Telegdi Róth K.* gyűjtése).

21. Gánt, fehér bauxit, 3—6 cm-es sávok a litoklázisok mentén (*Vadász* gyűjtése).

22. Nyirád, vörös bauxit, Ferenc-bánya (*Pantó* gyűjtése).

23. Nyirád, fehér bauxit, Ferenc-bánya (*Pantó* gyűjtése).

24. Bakonybél, (Vörös János) Séd és Molár-kúti árok szögletében (*ifj. Noszky* gyűjtése).

25. Alsóperepuszta, fehér bauxit, lejtős akna (*Vadász* gyűjtése).

26. Pilisszentkereszt, Steingraben (*Vadász* gyűjtése).

27. Pilisszántó, a XIV. sz. kutatóakna 4. m-éből (*Jaskó* gyűjtése).

28. Nagyharsány, limonitos bauxit (*Rakusz* gyűjtése).

Vegyelemzési eredmények:

Minta száma	SiO_2 %	Al_2O_3 %	TiO_2 %	Fe_2O_3 %	Izzítási veszt. %	Elemző
16.	14,40	59,38	2,21	8,80	15,21	*Földváriné*
17.	6,87	69,88	5,62	1,52	16,11	«
18.	3,07	63,45	3,02	13,86	16,60	«
19.	13,41	42,31	2,52	24,32	17,43	«
20.	17,72	51,76	3,40	11,74	15,38	«
21.	14,4	63,4	2,5	3,2	14,6	—
22.	2,81	61,33	2,97	18,93	13,96	*Földváriné*
23.	3,27	72,69	3,11	5,92	15,01	«
24.	0,33	58,68	3,26	23,59	14,14	«
25.	13,09	63,01	4,44	3,85	15,61	«
26.	—	—	—	—	—	—
27.	2,10	54,00	3,10	28,10	11,30	*Nagyné*
28.	4,12	59,35	3,73	18,58	14,22	*Földváriné*

Az eredmények a következők:

16. minta sok böhmit mellett sok kaolint tartalmaz és kevés hidrargillitet is. A 380 C° körüli exoterm csúcs organikus szennyezésre mutat.

17. minta. Sok böhmit, kevés hidrargillit, kaolin nem mutatkozik.

18. minta. Sok böhmit, kevés hidrargillit, kaolin nem mutatkozik.

19. minta. Sok böhmit, kevesebb hidrargillit, valószínű kaolin szennyezés, organikus szennyezés.

20. minta. Sok böhmit, kevés hidrargillit, igen sok kaolin szennyezés.

21. minta. Sok böhmit, sok kaolin és organikus szennyezés.

22. minta. Sok böhmit, organikus szennyezés, kevés hidrargillit.

23. minta. Sok böhmit, organikus szennyezés. Hidrargillit nem mutatkozik.

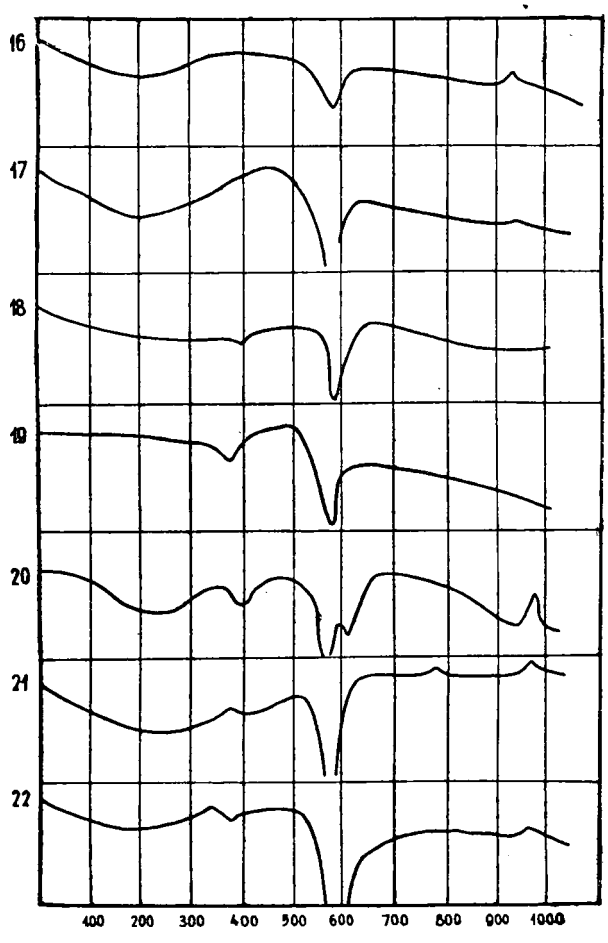
24. minta. Sok böhmit, kevés hidrargillit.

25. minta. Sok böhmit, sok kaolin szennyezés és sok organikus szennyezés. A kaolinittartalom kb. 26%, a böhmit tartalom kb. 62%.

26. minta. Böhmit igen sok kaolin szennyezéssel.

27. minta. A böhmit csúcsán kívül más ásvány jellemző csúcsa nem mutatkozik.

28. minta. Sok böhmit, kevés hidrargillit. A böhmit-hidrargillit aránya kb. = 5 : 1.



3. ábra

IV. Diaszporos bauxitok

E csoportba csak két előfordulás mintáit sorolhattam :

29. Nézsai bauxit, 267 kúp Ny-i oldalán (*ifj. Noszky* gyűjtése).

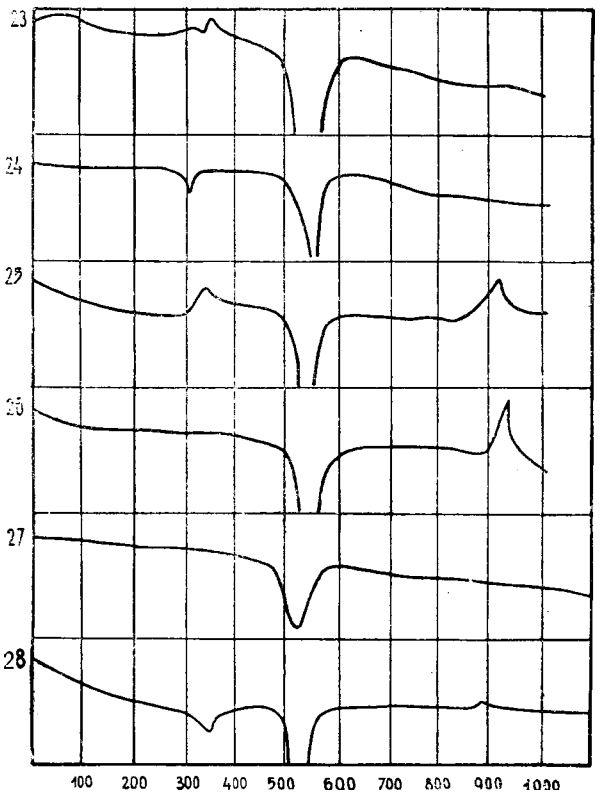
30. Nézsa. Külfejtés, vörösbarnás, foltos (*Földvári* gyűjtése).

31. Nagyszál, 369 m körüli kutatóakna (*Vadász* gyűjtése).

Vegyelemzési eredmények:

Minta száma	SiO_2 %	Al_2O_3 %	TiO_2 %	Fe_2O_3 %	Izzítási veszt. %	Elemző
29.	6,81	57,08	2,60	19,90	13,61	*Földváriné*
30.	—	—	—	—	12,50	«
31.	26,96	42,28	2,05	15,05	13,66	«

Mindhárom mintában a diaszpor csúcsa 530—540 C° körül erőteljesen kirajzolódott, de a 30. és különösen a 31. mintában erős kaolin szennyezés is mutatkozik.



4. ábra

V. Bauxitot kísérő agyagok

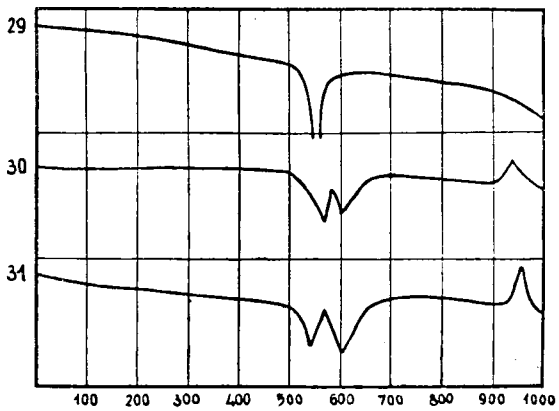
Öt agyagmintát vizsgáltam meg, melyeket vagy a bauxit közé települve, vagy mint a bauxit fedője, vagy a bauxittelep közelében találtak.

32. Boszorkányhegyi kibúvás (Bakony) (*ifj. Noszky* gyűjtése).

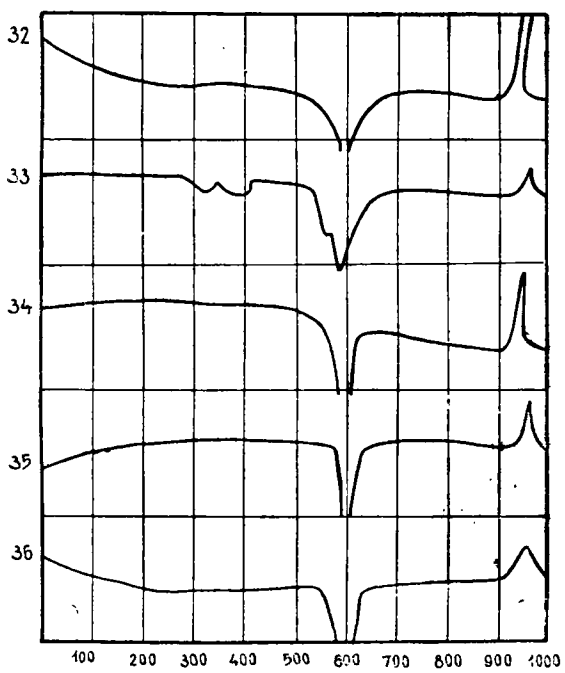
33. Gánt, Hosszúharasztos, eocén vörös agyag a bauxit fedőjéből. Iszapolt, kiszitált maradék (*Vadász* gyűjtése).

34. Nézsa, eocén agyag, a bauxit közvetlen fedője (*Vadász* gyűjtése).

35. Nagykovácsi, Jóreménység altáró, vörös szárazföldi alsó-eocén agyag (*Vadász* gyűjtése).



5. ábra



6. ábra

36. Nagyharsány, Antal táró, rózsaszínű agyag a bauxit-fészek szegélyén (*Vadász* gyűjtése).

A 32. sz. minta vegyelemzésének eredménye : $SiO_2 = 34{,}56\%$, $Al_2O_3 = 33{,}80\%$, $TiO_2 = 1{,}91\%$, $Fe_2O_3 = 17{,}76\%$. Izzítási veszteség = 11,97%. 32. sz. minta érdekessége, hogy abban *Noszky* krokodil-fogat talált. E mintában kaoliniten kívül más ásvány csúcsát nem találtam.

33. minta. A kaolin mellett feltétlen felismerhető 550 C° körül a böhmit csúcs. 300 és 400 C° körüli csúcsok valószínűleg limonitoktól származnak (esetleg hidrargillit is lehet).

34. minta. Kaolin mellett más ásvány csúcsát nem találtam.

35. minta. Sok kaolinit. Más kifejezett csúcs nem jelentkezik.

36. minta. A kaolinit csúcsa mellett 560 C°-nál a böhmit csúcsa is kirajzolódik.

Mindezen eredmények egybevetésével talán sikerül geologusainknak vonatkozást találni bauxitjaink feltehető kora és ásványos összetétele között, mint ahogyan azt *Weisse*[11] az ásványos összetételt illetőleg kevesebb kísérleti anyag birtokában megkísérelte.

Összefoglalás

Az ország különböző lelőhelyeiről származó 30 bauxitminta és 5 bauxitot kísérő agyagminta differenciális termikus elemzéséről és kémiai elemzéséről számolok be. E vizsgálatok a bauxitminták ásványos összetételének a megállapítását célozták.

A megvizsgált minták egyik csoportja túlnyomórészben hidrargillitből áll. Ide tartoznak Iszkaszentgyörgyről, Isztimérről, Szentkirályszabadjáról és Csabrendekről származó minták. Egy másik csoportba soroltam azokat a mintákat, melyek hidrargillitet és böhmitet vegyesen tartalmaznak : halimbai, alsóperei, nagynémetegyházai és egy gánti minta. A harmadik csoportba tartozó bauxitok főképen böhmitből állnak ; ide soroltam a gánti, nyirádi, nagyharsányi, pilisszántói és bakonybéli bauxitmintáimat. Végül két, főképen diaszporos előfordulás volt a nézsai és nagyszáli bauxit.

A bauxitot kísérő agyagok főképen kaolinitből álltak, egyik-másikban böhmitet is kimutattam.

Az eredményeket röviden a következő táblázatban foglaltam össze :

1. TÁBLÁZAT

Főképen hidrargillitből álló minták	Hidrargillitet és böhmitet tartalmazók	Böhmites minták	Diaszporos minták
Iszkaszentgyörgy	Halimba	Gánt	Nézsa
Isztimér	Alsópere	Nyirád	Nagyszál
Csabrendek	Nagynémetegyháza	Nagyharsány	
Szentkirályszabadja	Gánt	Pilisszántó	
		Bakonybél	

IRODALOM

1. *Norton:* Analysis of high-alumina clays by the thermal method. Jour. Amer. Ceram. Soc. 23. 1940. p. 281.

2. *Orcel:* L'emploi de l'analyse thermique differentielle dans la détermination des constituants des argiles, des laterites et des bauxites. Congr. Int. des Mines, Paris 1935. VII. Session 359—373.

3. *Beck:* An amplifier for differential thermal analysis. Amer. Mineral, 35. 1950. No. 7—8, p. 508.

4. *Kauffman* és *Dilling:* Differential thermal curves of certain hydrous and anhydrous minreals, with a description of the apparatus used. Econ. Geol., 45. 1950. No. 3. p. 222.

5. *Kerr* és *Kulp:* Multiple differential thermal analysis. Amer. Mineral. 33. 1948. No. 7—8. p. 387.

6. *Gorbunov* és *Surügina:* Krivüje nagrevanija mineralov vsztrecsajuscsichszja v. pocsvach i porodach. Pocsvovedenie 6. 1950. p. 367.

7. *Hendricks, Goldich* és *Nelson:* A portable differential thermal analysis unit for bauxite exploration. Econ. Geol. XLI. 1946. No. 1. p. 64.

8. *Náray-Szabó* és *Neugebauer:* Magyar bauxitok röntgenvizsgálata. Technika, 25. 1944. No. 6. p. 259.

9. *Vadász:* A magyar bauxitelőfordulások földtani alkata. Magy. Áll. Földt. Int. Évkönyve, XXXVII. 2. 1946.

10. *Gedeon:* A pizolitos bauxitok keletkezése. Földt. Közl. LXI. 1931.

11. *Weisse:* Les bauxites de l'Europe centrale Bull. d. lab. de geol. min. etc. Lausanne No. 87. 1948.

12. *Kormos:* Hidrargillit és kénes bauxit Isztriából. Bány. és Koh. lapok, 63, 1930. p. 269.

Az előadáshoz hozzászólt:

GEDEON T., GÖBEL E.,
GROFFCSIK E., NEMECZ E.,
STEGENA L., SZÁDECZKY-KARDOSS E.,
VENDEL M.

A VELENCEI-HEGYSÉG HIDROTERMÁLIS ÉRCESEDÉSE

JANTSKY BÉLA
(Állami Földtani Intézet)

A Velencei-hegység hidrotermális ércesedését *Vendl Aladár* 1914-ben kiadott monográfiájában megállapítja. Utal a Szűzvári-malomnál kibúvó kis kvarctelér galenites behintésére, a sukorói ördöghegyi galenitfészekre, a nadapi andezitbánya mellett kaolinosodott gránitban talált molibdenitre, a pátkai Kőrakás-hegyen, továbbá Pákozdtól északnyugatra az üveghegyi fluoritos behintésre, végül pedig a Sukorótól északra eső terület baritteléreire, amelyeket egyöntetűen hidrotermális képződményeknek tart.

1923-ban *Pálffy Móric* a Vargahegyen talált magnetitet írja le és azt kontaktmetamorf képződménynek tartja. Ezek után a kutatások után csak 1945-ben terelődik a figyelem ismét a Velencei-hegység ércesedésére. A sukorói barit, továbbá a pátkai kőrakáshegyi fluorit kutatását *Földvári Aladár* végzi, aki a fluoritra mélyített függőaknában a mind sűrűbben előkerülő galenitgumókból ítélve a mélység felé várható ércesedés lehetőségét jelenti és javasolja a fluorit, továbbá a barit mélység felé irányuló megkutatását. Ugyanerre az időre esnek *Földvári* A. molibdenit-kutatásai is. Mivel a Mo-nyomok a nadapi andezit és a gránit határán jelentkeznek legerőteljesebben, arra következtetett, hogy a Mo nem a gránittal, hanem az andezit-magmával állhat genetikai kapcsolatban.

Először 1949-ben aplitkutatás közben lettem figyelmes a hegységben végbement nagyarányú kvarcosodásra és a vele kapcsolatos fluoritos ércesedésre, amelyet akkor a hegységet szegélyező turmalinos kvarcosodással hoztam kapcsolatba. 1950-ben a hegységet újratérképeztem. Megállapíthattam, hogy a barit, a fluorit és az ezekkel kapcsolatos érces kvarctelérek az egész hegységben oszthatatlanul a gránit-plutonizmust követő hidrotermális folyamatok képződményei. A gránittömeg lekopottságát illetően újabb kontaktpala-lelőhelyekből annak igazolását láttam, hogy magából a gránittömegből eddig még nem pusztult le sok és így az ércesedett tömegnek, tehát az eredeti hipogén-érckészlet nagyrészének is meg kell még lennie.

Ezekről az eredményekről már kétízben a Földtani Társulat szakülésein számoltam be.

Ez év májusától most már kizárólag a hegység ércesedésének kutatása vált feladatommá, minek során újabb adatok birtokába juthattam.

Az első, amit meg kell állapítani az, hogy a hegység kvarcosodása és ércesedése kétféle. Az egyik a hegység délnyugati, a másik pedig északkeleti részén uralkodó, de nem kizárólagos. Az egyik többé-kevésbbé jól elhatárolható hasadékokat kitöltő, telérkvarcba ágyazott ércesedés, a másik pedig szélesebb sávokban húzódó metaszomatikus hintett ércesedés.

I. Érces kvarctelérek

A térképről azonnal szembeötlik a kvarctelérek földtani elhelyezkedése. A hasadékok, amelyeket hidrotermális kvarc tölt ki, nagyjából két főirányban húzódnak: a hegység csapásirányában és erre merőlegesen. A Tomposhegyen igen jellegzetes az egyik irányból a másikba való fokozatos átmenet. A pátkai Kőrakáshegyen ez a két irány keresztezi egymást. A telérek általában lencsésen kiszélesedők, majd kiékelődők, máskor kulisszaszerűen folytatódnak, mint az Ördöghegyen. A telérek hossza 20—1200 m. Amikor elvékonyodnak, akkor is vékony erecskék sokaságára tagolódva futnak tovább, ezek azonban már ércet nem tartalmaznak.

A telérek a gránitot szelik át. Az átalakult palában csak a Vargahegyen és a Vaskapuhegyen nyomozhatók ki. A telérek általában, ahol a felszínen láthatók, ércek kilúgozott üregeivel vannak tele, úgynevezett sejtes szerkezetű kvarctelérek.

Egyes helyeken az anyakőzet a telérek mentén elváltozást nem szenvedett, máshol csak kaolinosodott, míg másutt az ércásványok a gránitba is infiltrálódtak, mint az Ördöghegyen, Sukorótól délre. Ez az infiltrálódás két- és egyoldali lehet. A telérek vastagsága arányban áll a hosszúsággal. A leghosszabbak az 5—6 m vastagságot is elérik.

Az első biztos érctelért a kőrakáshegyi, *Földvári A.* által telepített fluoritbányában találták 28 m mélységben, de már 12 m után jelentkeztek benne a galenites fészkek. A 28 m mélységben elért érces kitöltés 1,5 m széles, csapása 30°, vagyis a Vargahegy irányában halad. Galenit-szfalerittélér, amelyben járulékosan kalkopirit, fakóérc és cinnabarit van. A telért a bányaművelés a felszín alatt 100 m-re lejtaknával akarja elérni. Jelenleg a távolságnak kb. $^1/_3$ része még hátra van, azonban a fluoritos telérből kisugárzó fluorit máris egészen lilára festi a kvarcosodott gránitot, amelyben vékony antimonit-zsinórt is találtak.

Először úgy látszott, hogy az érc elsődlegesen is csak 12 m után kezd jelentkezni. Azonban ez nem így van. A Kőrakáshegy északkeleti oldalában kis kőfejtő található, ahol igen jól látszik, hogy a 30° csapásban húzódó 6 m széles kvarctelér számtalan kisebb-nagyobb kilúgozott üreggel van tele, vagyis itt is sejtes kvarc van, amely mintegy 4 m szélességben a telér közepét tölti ki. A telér két oldalán, a mintegy 1—1 m széles telérszél »Salband« tömör kvarc. Vagyis az érc a felszínen is megvolt, csak kilúgozódott.

A Szűzvári-malomnál egy kis kvarctelérben hintett galenitszemek voltak ismeretesek. A kőzet itt is üreges volt. A kis telért a mélyebb szinten kiszabadítva, benne 5 cm-es összefüggő galenites, járulékosan kalkopirites zsinórt kaptam, telítve másodlagos ólomásványokkal. A hegy lábánál behajtott táró 15 m mélységben a felszín alatt 60 cm vastag telért harántolt, amelyben az érckitöltés a ki nem lúgozott helyeken a 40 cm-t is elérte. Ez a telérke igen tanulságos, mert a teljesen üres, a félig és az egészen telt üregek szerkezetét, vagyis a kilúgozás folyamatát és a sejtes szerkezet keletkezését igen szépen szemlélteti. Ez adott alapot a máshol is található sejtes szerkezet érckitöltésének előre való meghatározására és a bevezetendő kutatásokra. A telér ásványtársasága szintén galenit, járulékosan szfalerit, kalkopirit, és cinnabarit. Az Ércbányászati NV. által megvizsgált mintában 8% ólomérc, 40 gr/to ezüst és 0,11% réz volt. A réztartalom nagyobb lesz, mert nagyrésze ebben a szintben még kilúgozott állapotban van. A mintegy 90 m hosszúságban kísért telér kétszer vetődött el, ami erőteljes tektonizmusra vall.

Az itt szerzett tapasztalatok alapján végeztem el az ördöghegyi felszíni kutatásokat, amelynek eredményeként már 2—3 m-re a felszín alatt megtaláltam az összefüggő érces zsinórt. Az ércek utáni üregek itt még jellegzetesebbek, a sejtek falai másodlagosan keletkezett kvarckristálykákkal vannak bevonva. Az üreges, sejtes kimállás kizárólag felszíni jelenség, aminek bő irodalma van. A sejtek alakjából az eredeti ásványtársaságot is meg lehet állapítani. Eszerint az Ördöghegyen főleg szfalerites-kalkopirites ércünk lesz. A mogyorónyi és ennél is nagyobb szemekben jelentkező szfalerit világosbarna, sárgásbarna, vagy ciklámenpiros. A spektrum benne galliumot mutatott ki, a kadmium jelenléte ugyancsak valószínű.

A suhogó-dűlői nagy telért a felszín alatt mintegy 15 m-re harántolták. A sejtes kvarcban jelentkezik a kalkopirit, a galenit ellenben nem. Ez tehát szintén kalkopirit-szfalerites, középső részében, az üregek alakjából ítélve, karbonátos telér lesz. Vastagsága 5 m, középső érckitöltése az üregek alapján 3 m, hosszúsága pedig az 1000 m-t is meghaladja.

Galenitszemeket a székesfehérvári szőlőkben, a kisfaludpusztai kastély udvarán levő kvarctelérben, a Bella-patak dűlő kvarctelérjében, a kalkopiritből keletkező malachitszemecskéket pedig a terület minden telérében megtaláltam már a felszínen, de csak nyomokban, amelyek a sejtes telérkvarcban védett helyeken megmenekültek a kilúgozástól.

A sejtes, üreges kvarc minden esetben a telérek középső részét tölti ki, míg a széleken tömör, üregek nélküli kvarc található. A négy lelőhely egyöntetű bizonyítékai szerint kétséget kizáróan megállapíthattam, hogy a telérek sejtes érctelérek. Kitöltésük a telér vastagságának megfelelően a 30 cm-től 3—4 m-ig változik.

A kvarctelérek az ércásványokon kívül más kísérő ásványokat is tartalmaznak. Ilyenek a karbonátok, amelyek üregei főleg a székesfehérvári szőlők telérei-

ben találhatók. Ilyenek továbbá a barit és a fluorit. Ezek helyenként külön-külön, máshol együtt jelennek meg. A barit vékony, legfeljebb 60 cm-es telérei a sukorói Meleghegy és a pákozdi Sárhegy környékén gránitban és kvarcosodott gránitban figyelhetők meg. A Meleghegy déli oldalán fluoritos barit is előkerült. Igen jellegzetes a Pákozdtól nyugatra talált két egymás mellett futó fluoritba ágyazott bariterecske. Ezen a helyen a barit fiatalabb, mint a fluorit.

Az eddig feltárt és bányászatilag kiművelt barittelérekre jellemző, hogy a mélység felé elfogynak és helyüket galenitfészkes kvarc foglalja el. A galenit már a baritban is jelentkezik és lefelé haladva, fészkei mind gyakoribbak és gyakoribbak lesznek. Ebből az következik, hogy a barit csak a magasabb szintek kísérő ásványa, ami a lelőhelyek helyzetéből is kitűnik. Az Ördöghegy-Meleghegy déli oldalának érces kvarc- és barittelérei egyazon irányban kulisszaszerűen futó telérrendszer tagjai.

A fluorit jellegzetes a hegység kvarcteléreire. A korábban is ismert két lelőhelyen kívül a székesfehérvári szőlőben, az Ősihegytől keletre is megtalálhatók. A Szűzvári-malomnál az érces kvarctelér fluorittelérben folytatódik. A fluorit színe itt kékeszöld. A pátkai Kőrakáshegyen az eredeti fluoritlelőhely közelében, a lejtaknából a behálózó fluoriterecskéktől lila gránit kerül ki. Itt a fluoritosodás igen jelentős. Hasonló a helyzet a Tomposhegy tetején is, ahol az egyik mellékgerincen 30°-os csapásban húzódó 4 m vastag ércüreges kvarctelér közepén átlagban 80 cm vastag kristályos fluoritkitöltést találtam. Ez az igen szép, sárgászöld másodlagos ásványokkal futtatott nagy tömbökben fejthető tengerzöldszínű ásvány nemcsak ipari nyersanyagként volna felhasználható, hanem értékes dísztárgyak készítésére is alkalmas. A fluorittelér két széle fluorithomokra mállott szét. A kvarcba és a környező gránitba sötétlila, sokszor egészen fekete fluorit infiltrálódott. Az összefüggő teléren kívül kisebb-nagyobb gumók a kvarcba beágyazottan is találhatók. Ez a fluoritkitöltés kb. 120 m hosszúságban követhető. Várható mélységbeli kiterjedésére az szolgálhat alapul, hogy térszínileg ettől 50 m-rel alacsonyabban fekvő helyeken is találunk fluoritos kvarcot, vagyis 50 m-es mélységgel véleményem szerint számolni lehet. A fluorittelér CaF_2-tartalma 87%, vagyis csaknem tiszta kristályos ásvány. A kvarctelér amelynek középső kitöltése fluorit, galenites, vagyis számolni lehet azzal, hogy a mélyebb szinteken a fluorit helyét galenit fogja elfoglalni. A fluoritlelőhelyek elhelyezkedését megfigyelve azt látjuk, hogy hintve szinte a hegység minden telérében megvan, még az Ördöghegyen is megtaláltam, nagyobb mennyiségben azonban csak a Szűzvári-malomnál, a pátkai Kőrakáshegyen és a Tomposhegy tetején találjuk. Vagyis a fluorit és a barit ott jelentkezik, ahol közel vagyunk a gránitot egykor beborító köpenyhez. A karbonátok elhelyezkedése a hegység legnyugatibb részén szintén érdekes jelenség.

Ha a telérek ásványtársaságát vesszük csak tekintetbe, akkor ennek összetétele is megerősíti a tisztán földtanilag megállapított tételt, mely szerint az ércesedésnek még csak a felső zónájában vagyunk. A telérek ugyanis fluoritot,

baritot, karbonátokat, cinnabaritot, antimonitot, galenitet, fakóércet tartalmaznak. Túlnyomórészben kalkopiritet, szfaleritet csak az ördöghegyi és suhogói telérekben találunk, vagyis a legalacsonyabb térszínben. A hidrotermális folyamatok hőfoka alapján teléreink epi- és mezotermális képződmények. Ha *Ferszmann* kiválási fokozatát vesszük figyelembe, amely az ásványok paragén értékein alapul, akkor is ugyanazt kell megállapítanunk. A kérdés csak az, milyen vastag általában az oxidációs öv és milyen mélységig tart az érc. Az oxidációs öv vastagsága galenit esetén 10—20 m között van. Szfalerit-kalkopirit-kitöltés esetén azonban a talajvíz mélységétől függően sokkal vastagabb is lehet.

Hogy milyen mélységig tart az ércesedés, az a batolit-kérdéssel függ össze. Ha gránitunk abisszikus batolit, akkor nem számíthatunk az ércesedés nagy mélységeire. Ha azonban hipoabisszikus magmatikus tömeg, akkor ennek, a földtani és ásványtani adatok alapján, az epibatolitos felső övében lehetünk és így az embatolit és endobatolitos öveken keresztül a hipobatolitos üres övig még jelentős ércvagyonunk lehet. Az eddigi földtani és ásványtani adatok a gránit hipoabisszikus volta mellett szólnak. Ezek a következők. A gránitot igen sok gránitporfirtelér szeli át és a kvarc jellegzetes porfiros kifejlődése több helyen a gránitra is jellemző. A gránit hirtelen meredeken esik a széleken és általános földtani megjelenése is erre mutat. A metaszomatikus meleghegyi típusú ércesedés ténye és végül magában a gránitban futó kvarctelérekben olyan ásványok megjelenése, amelyek egészen alacsony hőmérsékleten keletkeznek, ami abisszikus gránitnál lehetetlen. Ha a Harzhegységet vesszük példának, ott a gránitot átszelő telérek a pirit-arzén-wolframitos övbe tartoznak, míg a galenites telérek csak a magmás központtól távolabb és főleg a gránitot burkoló kőzetben vannak. Az abisszikus gránit telérei legtöbbször meddők.

A magmás központ és az öves elrendeződés kérdése itt is felmerül. Vajjon a telérek elhelyezkedéséből lehet-e ilyesmire következtetni? Annyi tény, hogy az Ördöghegy-Vaskapuhegytől keletre a kvarcteléreknek ez a faja már nem jelentkezik. A Vaskapuhegy 10 m széles kvarctelérjében a szokott sejtes-üreges szerkezet nincs meg, csak apró limonitos hintett pettyek és sötét foltok találhatók benne. A karbonátok fokozott jelenléte a székesfehérvári szőlőkben ugyancsak értelmezhetők akként is, hogy vastag telérek széles, középső karbonátos kitöltéséről van szó, ami máshol vékonyabb teléreknél hiányzik.

Ha az érces kvarctelérek vastagságát vesszük tekintetbe és a teléreket kitöltő ásványok nagysága fokmérője lehet a hidrotermális folyamatok intenzitásának, akkor a teléres ércesedés középpontját a székesfehérvári szőlők területére kell helyeznünk. Emellett szólna az a körülmény is, hogy ezen a területen csaknem minden aplit és gránitporfir kvarcosodott, átalakult. A közelben turmalinos aplit is található. Eredeti biotitos gránitot csak foszlányokban találhatunk. A szőlőművelés a sejtes kvarctelérek körvonalait elmosta, azonban az egyes limonitos, karbonátüreges sávok lefutásából megállapítható, hogy igen

széles kvarctelérekről, igen nagyarányú teléres ércesedésről van szó, nagyobbról, mint amilyet a felszíni nyomok alapján a hegység bármely pontján találunk.

Ezek alapján felmerül annak kérdése is, vajjon a falubattyáni metaszomatikus ércesedést nem ugyanez a hidrotermális folyamat hozta létre, vagyis nem tartoznak ugyanazon magmás központhoz? Ebben az esetben a székesfehérvári szőlők térbelileg is központi helyet foglalnak el a Sukoró, Falubattyán távolság között. Ezt igazolná az a tény is, hogy a velencei fúrásból kikerülő törmelékes kőzetben *Földvári Aladár* falubattyáni típusú mészkődarabokat talált. A Velencei-hegység ebből a paleozoós burokból kipúposodott hipoabisszikus képződmény lenne, amelyet és amelynek környékét érces kvarctelérek szelik át. A Suhogó—Vargahegy közötti ív, a Szűzvári-malom—Ságihegy-ív és az Ördöghegy—Meleghegy—Vaskapu-ív szinte koncentrikusan helyezkednek el. Ezt határozottan állítani azonban ugyanúgy korai volna, mint nyilatkozni a várható ércvagyonról. Az eddigiek alapján remélhetjük, hogy a 28 kvarctelér műre érdemes lesz; ásványi kitöltésük főként galenit, szfalerit és kalkopirit lesz. A mélyebb szinteken feltehetőleg más ásványok is jelentkezhetnek. A bányászati kutatások ezen a területen igen gyors ütemben megindultak, remélhetjük, hogy a telérekre nézve rövidesen újabb értékes adatokat kapunk.

II. Meleghegyi típusú metaszomatikus ércesedés

A Gécsihegy egyes szakaszain, Sukorótól északra a baritra hajtott lejtaknában a baritos kvarctelér két oldalán a kvarcosodott gránitban, a nadapi andezitbánya bejáratánál és végül a baritra hajtott szintes-táróban is, tehát jelentős kiterjedésű területen 5—10%-os piritesedett gránit jelentkezett. Mivel az ördöghegyi- szfalerites telérek mentén is jelentkezik a gránit piritesedése, önként adódott a kérdés, vajjon a Meleghegy kvarcosodása nem járt-e ugyancsak ércesedéssel és a sűrűn tapasztalható rozsdásszínű limonitos üregek a heverő sziklatömbökben vajjon nem ércek kilúgozott maradványai-e, a piritesedés nem függ-e össze a kvarcosodással kapcsolt ércesedéssel? A Meleghegy keleti és déli oldalán, továbbá a 354 m-es magassági pontnál és a nyugati oldalon is limonitos üreges, kvarcosodott tömbök hevernek, amelyek felszínén az eredeti gránitoid-kőzetnek csak az egyedül megmaradt porfiros kvarcszemei állanak ki. Helyenként a limonitos üreges szövet közé tömör aprószemű kvarc nyomul és tölti ki a porfiros kvarcszemek közötti teret. Ez a jellegzetes meleghegyi típusú kőzet. A Meleghegy egyik nyugati gerincének meredeken eső lábánál a limonitos üreges kőzetből álló taréj közepén kvarcban dúsabb, jobban kvarcosodott sáv húzódik, amelynek kőzetében az apró kilúgozott üregecskékben megtaláltam a malachit és a krizokolla szemecskéit, mint a kioldott rézásványok első nyomait. A másodlagos rézásványokat csapásban követtem. A kiálló szikla belsőbb részeiből kiütött darabban a rézásványokon kívül apró oszlopocskákban

antimonit is jelentkezik. A jellegzetes sárgás bevonat és a másodlagos rézásványok nyomán eljutottam a Meleghegy keleti oldalára, ahol a kvarcosodottabb darabokban antimonit jelentkezett másodlagos rézásványokkal. Ezeket mindenkor a nagy, rozsdás, üreges tömbök legbelsőbb részeiben találtam meg, mindig a kvarcosodottabb részeken, ahol a kilúgozás ellen védelmet nyerhettek. Az antimonit a kőzet hasadási lapjain sugaras halmazokban is előfordul olyan kvarcban, amely az üreges, limonitos kőzetbe nyomult be. A rézásványokat innen keleti irányban nyomoztam tovább és a Templomhegy nyugati és keleti oldalán két helyen megtaláltam. Itt azonban az antimonit utáni sárgás bevonat már nem jelentkezett, ellenben megjelentek a kaolin és az alunit, mint ennek a területrésznek jellegzetes ásványai.

Nyilvánvaló, hogy általános, a Meleghegy és a tőle keletre eső területekre jellemző ércesedéssel és mállási jelenséggel állunk szemben és éppen ezért részletesen tanulmányoztam e jelenséget.

Először azt kellett tisztázni, milyen alapkőzetben észlelhetők ezek a jelenségek. Tudvalevő, hogy ebben a kérdésben kétféle felfogás van. Az egyik szerint a Meleghegy és a tőle keletre eső terület alapkőzete gránit és gránitoidképződmények (gránitporfir, aplit stb.), amelyek harmadidőszaki, az andezitek feltörése utáni időben végbement szolfatára-működés folytán elbomlottak és elbomlott anyagukból kaolin és alunit keletkezett. Az eredeti kőzet gránitoid jellegét a porfiros kvarc- és cirkonszemek bizonyítják, amelyek jelenléte az egész területen kimutatható. A másik felfogás szerint nemcsak a hidrotermális folyamat, hanem maga az alapkőzet is elbomlást, átalakulást szenvedett fiatal harmadidőszaki — andezit vagy andezittufa. Ezen szempont szerint a Meleghegyet még gránitoidkőzetnek lehet minősíteni, a Templomhegy és a tőle keletre eső terület azonban külön földtani és kőzettani egység.

Az ércesedés szempontjából ez a kérdés alapvető, ezért tisztázására különös figyelmet fordítottam. Az első meghatározási mód kőzettani. Ha vannak olyan jellegzetes ásványok, amelyek a hidrotermális elbomlást nem szenvedett gránitoidkőzetekben és ezekben is megvannak, akkor az elsődleges kőzet hovatartozását eldöntöttnek tekinthetjük. Ez pedig megvan. A kvarcszemek porfiros kifejlődésre való hajlamossága az egész területen végignyomozható. A nadapi községi andezitbánya két szemközti falában dihekszaéderes porfiros kvarcszemeket tartalmazó kvarcosodott gránitporfirt találtam, amely fokozatosan ugyanilyen idiomorf, porfiros kvarcszemeket tartalmazó normális gránitba megy át. Ilyen gránitot és gránitporfirt a hegység legkülönbözőbb területén, de leginkább a székesfehérvári szőlők környékén találni. A porfiros kvarcszemek az aplitok egyik fajában is megvannak és ezeket *Vendl Aladár* külön csoportba sorozta. A porfiros kvarcszemek a gránitban, gránitporfirban és az aplitban is megtalálhatók, de megvannak a Meleghegytől keletre eső egész terület minden típusos kőzetében, együtt a cirkonnal, amely ugyancsak

gránitoidkőzetekben fordul elő. Ennek alapján állapította meg *Vendl A.* ezek átalakult gránit voltát. Vannak egyes helyek, melyek kőzetében a porfiros kvarcszemek szabadszemmel nem láthatók, mikroszkóp alatt azonban legtöbbször megfigyelhetők. Azon kőzetféleségek, amelyekből hiányoznak, még lehetnek a *gránitpluton más tartozékai, mint pl. egykori lamprofr-telérek, diorit, gabbrodiorit, vagy más hidrotermális elbomlást szenvedett kvarcnélküli szegregációi a gránitnak.*

A Csúcsoshegy északi oldalán olyan kaolinosodott gránitot találtam, amelyben a porfiros kvarcszemek és a félig elbomlott földpátszemek, sőt a pszeudohekszagonális biotitlapocskák szabadszemmel is jól kivehetők. Legutóbb ezen a helyen a kaolin viselkedésének kikutatására a Csúcsoshegy belseje felé szintes vágatot hajtattam be. Sajnos, a kaolin a 8 m hosszú vágatban fokozatosan tipikus csúcsoshegyi kvarcosodott, alunitosodott aprószemcsés kőzetté változott, amelyben csak a porfiros kvarcszemek árulják el a gránittal való közösséget. Ezzel, úgy érzem, az alapkőzet jellegének kérdése végleg eldőlt.

A második kérdés nehezebb. Milyen korú a kvarcosodás, a hidrotermális átalakulás? Vajjon a gránithoz kapcsolt magmás folyamatsorozatnak befejező, lezáró része, vagy pedig késői, harmadidőszaki vulkáni tevékenység külszíni, vagy felszínhez közeli szolfatáraműködés megnyilvánulása? *Althoz a folyamathoz tartozik, amellyel folytonosságban és méreteiben is teljesen összhangban van, amelynek megszakítás nélküli következő szakaszaként jelenik meg.*

De tisztán földtani mérőeszközeink is vannak. Keresnünk kell olyan helyeket, ahol az andezit a kvarcosodott hidrotermálisan elváltozott gránitban, vagy granitoidkőzetben teljesen ép. Ha ilyen helyet találunk, akkor kétségtelen, hogy a hidrotermális kvarcosodás és ércesedés idősebb az andezitnél, amely már ilyen kőzetbe nyomult be. Ilyen helyünk három van. Első a nadapi andezit, amely kvarcosodott gránitporfirba, gránitba tört fel és ilyen zárványokat tartalmaz anélkül, hogy maga elváltozott volna. A Meleghegy déli oldalán kvarcosodott gránitban 2 m széles andezit-apofizis látható, amely teljesen üde, nagy amfibolokkal van tele. A harmadik a Ciráki-féle bánya, amely tisztán a Meleghegy és Templomhegy kvarcosodott, ércesedett, kaolinos, alunitos kőzetében van, ahol az andezitet egyetlen kvarcerecske sem járja át, és a felszíni mállást kivéve, a legkisebb elváltozás sem észlelhető rajta. E két utolsó andezitelőfordulás olyan helyen található, ahol a kvarcosodás és hidrotermális elváltozás kilométerekre terjed. Az utolsó, perdöntő bizonyíték az a nagy permi konglomeráthömpöly, amelyet a pátkai útmesterházhoz közel találtam. Ebben rengeteg fehér telérkvarc, kvarcosodott, ráncosan gyűrt kontakt-pala és kvarcosodott porfir található, teljesen hasonlók azokhoz, amelyeket ma is találhatunk a hegységben. *A hidrotermális kvarcosodás és a vele együttjáró ércesedés is tehát a permi konglomerátum előtti és így azt a gránitmagmatizmushoz kell kapcsolni.*

A Meleghegy nem csak kvarcitból, illetve egynemű kőzetből áll. Halványrózsaszín, nagy földpátszemes, teljesen üde gránitot találtam a Meleghegy

csúcsa alatt, annak déli és keleti oldalán. Kvarcosodott, kaolinosodott nagy földpátszemes gránit található a tető nyugati oldalán és az Antóniahegy déli oldalán is. El nem változott, majd kvarcosodott, kaolinosodott, ércesedett gránitporfirteléreket találtam a Meleghegy keleti oldalán, ahol ezek egymáshoz közel, három helyen futnak 30°-os csapásirányban. Az Antóniahegyen keresztül a Templomhegynek széles aplittelér fut. Az alunit eddig kizárólag a Meleghegytől keletre eső terület ásványa volt. *Most sikerült az alunitot az Antóniahegyen keresztül a Meleghegy keleti oldaláig folyamatosan megtalálni.* Számtalan helyen megállapithattam, hogy az alunit csak ott fordul elő, ahol limonitos üregek vannak a kőzetben, illetve a limonitos üregekben, vagy azok környékén, *vagyis az elsődleges ércesedés övében keletkezett. Mint ilyen tehát nem számítható a hidrotermális folyamatok elsődleges képződményének, hanem másodlagosnak, amely a szulfidos oxidáció folytán keletkezett kénsav hatására jött létre.* Hogy szulfátok a felszínen még most is keletkeznek, azt éppen a Templomhegyen állapitottam meg, ahol az egyik darabon rézszulfát és vasszulfát kristályok láthatók.

A Meleghegy—Templomhegy kvarcosodott kőzettípusa nemcsak a hegység északkeleti végén található, hanem a Gécsihegyen, a fixponttól délre és délnyugatra eső területen, továbbá az Ördöghegyen és a székesfehérvári Aranybullahegytől-délkeletre is mindenhol kilúgozott limonitos üregekkel. A Gécsihegy tetején például a gránitban egy 50 cm széles tömör kvarctelér két oldalán 2—2 m szélességben találjuk ezt a kőzetet.

Az ércesedés tanulmányozására a Meleghegy nyugati oldalán 8 m hosszú szintes vágatot hajtottunk be a másodlagos rézásványokat tartalmazó kvarcosodott gránitba, annak csapásirányában. Itt a következőket sikerült megállapitani. A gránitban kb. 3 m széles kvarcosodott öv húzódik. A központi rész porfiros kvarcszemeket tartalmaz, igen erősen kvarcosodott kőzet, amelyben a szabálytalan üregeket antimonit és kisebb mértékben másodlagos rézásványok töltik ki. A antimonitoszlopocskákon kívül helyenként sötétszürke, fénytelen ásványok is megjelennek. A szélek felé az antimonitfészkek fogynak és kalkopirit jelenik meg. Ezt csak egy pár darabban találtam. A legtöbb darabban a másodlagos rézásványok töltik ki az üregeket keverve limonittal, míg végül csak limonitos üreges kőzetet kapunk, amely ugyancsak fokozatosan átmegy az üregek nélküli, kaolinosodott kőzetbe, melyben az egykori nagy földpátszemek körvonalai még világosan észlelhetők. *Jól látható, hogy a kaolinosodott földpátokban a sejtes kis üregek, mind nagyobbak és nagyobbak lesznek, a földpátok teljesen felemésztődnek, helyüket rozsdás üregek foglalják el, majd fokozatosan a másodlagos rézásványok és kalkopiritszemecskék következnek és végül a központi, igen erősen kvarcosodott részben az antimonit válik uralkodóvá.*

A gránitot tehát ércethozó oldatok járták át, amelyek a porfiros kvarcszemeket kivéve, ásványait kilúgozták és helyükbe lerakták érctartalmukat.

Kezdetben pirittel, kalkopirittel és esetleg más, nagyobb hőmérsékleten kiváló ásványokkal itatták át a kőzetet, később hidegebb oldatok következtek,

míg végül kvarc kristályosodott ki, kvarcosítva a kőzetet. *Földvári Aladárné* az antimonon és rézen kívül Zn, Pb, Ag, As, Bi, és Mo-nyomokat mutatott ki a kőzetben. Mélység felé csak 4 m-t tudtunk elérni, a felszíni mállási zónán túljutni nem sikerült. A főkérdés tisztázásához ez is elegendő volt. A kérdés ugyanis az, hogy ezt a kalkopirites, antimonitos ásványelőfordulást csak jelentéktelen kis helyre korlátozottnak tartsuk-e, vagy pedig ércgeológiai képződménynek tekintsük? *Le kell szögezni, hogy régi kőzet felszínén a mállás a könnyen átalakuló és oldódó rézásványokat már régen eltávolította és csak ott hagyta meg, ahol azok kvarcba ágyazva védelmet kaptak, vagy ahol az erózió erősebb volt a felszíni kémiai mállás folyamatánál. Épp ezért nem a rézásványok tömegével kell mérnünk a jelenségeket, hanem a másodlagos ásványokkal, a hipergén folyamatokkal, amelyek erősségéből a hipogén ércesedés intenzitására következtethetünk. Ha azonos folyamatok azonos szerkezetű és összetételű termékeket hoznak létre, akkor feltételezhető, hogy a kiinduló állapot, vagyis az alapkőzet is ugyanez volt. Vagyis, ha a megmaradás szempontjából kevésbbé kedvező helyen már sem az elsődleges, sem a másodlagos rézásványokat nem kapom meg, hanem csak a fentebb leírt jellegzetes szerkezetű limonitos üreges változatot találom ugyanabban a kőzetben, akkor azokat úgy tekinthetem, mint amelyek hasonlóan kalkopiritesek voltak.*

Kérdés, hogy ugyanezeket a mállási formákat nem utánozhatja-e rézásvány-nélküli, csupán piritesedett kőzet? Ez nem lehetséges. A piritesedett gránit elmállását láthatjuk a korábban említett helyeken és ott a mállott kőzet szerkezete eltérő. A pirit halmazok mindig szögletes, határozott élekkel ellátott üregeket hoznak létre, amelyeket a Templomhegy keleti oldalán, a Nyírhegy környékén és más helyeken is igen jól meg tudunk különböztetni és el tudunk választani a lemezes, pikkelyes halmazokat alkotó jellegzetes kalkopirit utáni üregektől.

A továbbiakban megelégedtem a mállási formák bármelyik ismert alakjával és ha azok megjelenésére a megfelelő indokokat megtaláltam, a levonható következtetéseket levontam ugyanúgy, mint a Szűzvári-malomnál, az Ördöghegyen, vagy a suhogói telér esetében.

A Meleghegy nyugati oldalán ily módon tisztázott kalkopirites, antimonitos kőzetet keleti irányban nagy területen találtam meg folyamatosan és ezzel ezt nem véletlen előfordulásnak, hanem ércgeológiai értelemben vett képződménynek kell tartanunk. Mint ilyet kutattam tehát tovább és megállapíthattam: a Meleghegy déli oldalán mintegy 100 m, keleti oldalán pedig 6—700 m szélességben húzódva láthatók ugyanezek a képződmények, helyenként az elsődleges és a másodlagos antimonit, illetve másodlagos rézásványokkal együtt. A képződmény csapáshossza a Meleghegy nyugati oldalától a Templomhegyig mintegy 1,5—2 km-re tehető. Természetesen nem arról van szó, hogy ez az egész terület ilyen kőzetből áll, hanem arról, hogy ezek a szélesebb-vékonyabb 3—10—20 m széles sávok ilyen kiterjedésű területen futnak, sűrűn egymás mellett. Az ércesedés igazi méreteit majd a bányaműveletek harántvágatai fogják eldönteni.

A Templomhegyen és az ettől keletre eső, az előzőnél is sokkal nagyobb területen más a helyzet. Ugyanezen 30°-os átlagos csapásirányban a Templomhegyet, Nyírhegyet, Csekélyhegyet és Cseplekhegyet hasonlóan üreges, limonitos, kvarcosodott sávok szelik át egymástól igen kis távolságban, zegzúgosan, sokszor egymásbafonódva, vagy összeolvadva. A Templomhegy nyugati oldalát pl. nyolc 10—15 m-es ilyen öv szeli át, amelyek a keleti oldalra is átterjednek és ezekben két helyen, a nyugati és keleti oldalon másodlagos rézásványokat találtam, azonban itt már a nagyobb kockaalakú, nyilván pirit utáni üregek is sűrűbben jelentkeznek. *Itt tehát megjelenik a kalkopirit mellett a pirit is. A kilúgozott üregek mérete azonban sokkal nagyobb, az érces fészkek limonitos maradványai sokkal nagyobbak, mint a Meleghegyen.* A Nyírhegy és Templomhegy között kiálló nagy sziklában, vagy a Templomhegy keleti oldalán heverő sziklákban emberfejnagy üregek és 3—4 cm-es átmérőjű kocka, vagy más szabályos alakú kristályok üregei találhatók a teljesen limonitosodott, kaolinosodott és alunitosodott kőzetben, amelyben csak a porfiros kvarcszemek jelenléte utal az egykori gránitoidkőzetre. Az elmállás folytán keletkezett limonit néhol olyan mennyiségű, hogy *Vendl A.* szavai szerint szinte vasérc látszatát keltik. A Csekélyhegy és Csekehegy teljesen át van járva ilyen sávokkal.

Egy jelenségről kell még beszámolnom és ez a breccsás szerkezet. A breccsás szerkezet jellegzetes az ércesedéssel kísért kvarcosodásnak erre a nemére az egész hegységben. De ugyanúgy jellegzetes a turmalinos kvarctelérekre, amelyek a palákat szelik át és amelyek keletkezését idősebbnek, nagyobb hőfokúnak, pneumatolitosnak kell tartanunk. A breccsák sokszor olyanok, mintha már érces darabok lennének, későbbi kvarcjáratokkal összecementálva. Más helyen két, három ilyen generációjú kvarcosodott breccsák is láthatók, ami amellett tanúskodik, hogy hosszú ideig tartó tektonizmussal kísért folyamatról van szó. A breccsák nem a felszínen, hanem a hidrotermális folyamatok közben a mélységben keletkeztek. Keletkezésüket úgy képzeljük, hogy először valószínűleg nagy hőfokú gőzök és gázok a kőzetet repedezetté tették és a feltörő kovasavas oldatok ércel itatták át, majd a kiváló kvarc ezeket összecementálta.

Ezekután nem lehet vitás, hogy ezt az ércesedést ércgeológiai értelemben vett érces képződménynek kell tartanunk, amelynek fő jellemvonásai a következők.

Széles és hosszú területeken jelenik meg. Nem telérekben, hanem kvarcosodott és ércesedett telérszerű sávokban szeli át a gránitot vagy gránitoidkőzetet. Az erősen ércesedett övekben minden szilikát elbomlott, helyüket érc foglalja el és a régi kőzetből csak a jellegzetes porfiros kvarcszemek maradtak meg. Az ércesedett sáv közepét érctartalmú, vagy ércnélküli kvarc tölti ki. A kísérő jelenség a breccsás szerkezet. A képződmények iránya a hegység jellegzetes irányát követi, vagyis tektonikus. Az alapkőzet porfiros kvarcszemeket tartalmazó gránit, vagy más gránitoidkőzet, amely a szulfidos oxidáció folytán keletkező kénsav hatására kaolinosodott és alunitosodott, különösen a

Meleghegytől keletre eső területen. *A folyamat behelyettesítés. A szilikátok kilúgozott helyén keletkezett az érc, a képződmény metaszomatikus. Nem összefüggő érctest, hanem aprószemcsés, hintett alakban jelentkezik. Ez a képződmény gránitoid-kőzetekhez kötött hintett metaszomatikus eredetű. Schneiderhöhn* megállapítja, hogy hipoabisszikus savanyú, legtöbbször porfiros kifejlődésű kőzetekben jelenik meg állandóan megélénkülő tektonikai irányok mentén. A képződményre jellemző még, hogy a hintett érc koncentrációja alacsony és műre csak akkor válik érdemessé, amikor előnyös települési és fejtési viszonyok adódnak és jól kifejlődött cementációs övvel rendelkezik. A hipogén ásványt csak egy-két helyen fejtik. Ha ezek a feltételek megvannak, akkor a képződmény értékes lehet.

Meg kell még emlékeznünk a hegységben talált molibdenit-fészekről. Ezt tudvalevően a gránit és az andezit kontaktusához közel kaolinosodott, kvarcosodott gránitban találta meg *Schafarzik*. Keletkezése háromféle lehet. Vagy a Gécsihegy pegmatitjaihoz van kötve, amelyek itt az andezit közelében egy kisebb pegmatitmezőt képeznek, vagy pneumatolitos eredetű és ugyancsak az andezit közelében levő turmalinos gránithoz, gránitporfirhoz, vagy aplithoz van kötve és végül a hidrotermális meleghegyi típusú hintett metaszomatikus ércesedéshez lehet kötve, mert ez itt az andezit közvetlen közelében is megjelenik. A színképelemzés a molibdenitet közepes nyomokban az Ördöghegy szfalerites kvartelérjében, az andezitbánya kvarcdihexaéderes kvarcosodott gránitporfirjában és a Meleghegy kalkopirites, antimonitos, kvarcosodott kőzetében kimutatta. A színképelemzéseket *Földváriné* végezte,

A *Pálffy Mór*tól leírt magnetit korai kontaktmetamorf képződmény és mint ilyen nem tartozik tárgykörünkhöz.

Összesítve a kétféle ércesedésről mondottakat, be kell azokat állítani a gránitmagmatizmus evolúciójának sorába. Meg kell állapítani, hogy igen nagyarányú hidrotermális kvarcosodással és vele kapcsolt ércesedési folyamatokkal állunk szemben. Vajjon megvolt-e ennek a kellő intenzitású bevezetése, megvoltak-e a magmatizmus előző, ezt bevezető kellő intenzitású fázisai? Más szóval, mikor, a magmatizmus mely fázisában kezdődik a kvarcosodás és mikor, illetve hogyan fejeződik be? Megvannak-e a fokozatos átmenetek, vagy megszakítás tapasztalható a folyamatok fejlődésében? Miben rejlik a különbség a két kvarcosodás és ércesedés között? Szétválnak-e, vagy párhuzamosan folynak? Mik az okai a kétféle ércesedésnek? Tektonikai, kémiai okai vannak, vagy mindkettő következménye?

A gránit főkristályosodási ciklusa után a gránitporfirok és aplitok következnek. Azonban a vöröses színű, biotitos gránitporfirok és aplitokon kívül a hegységben porfiros kvarcszemeket tartalmazó aplitok és olyan gránitporfirok is keletkeznek, amelyekben a földpátok szélei elmosódottakká válnak, biotitot nem tartalmaznak és csak a sok dihexaéderes kvarc árulja el gránitporfir voltukat. Ezek a kőzetek fehérek, sárgásak. Ezek szericitesedett kőzetek, melyekben a földpátok körvonalai még gyengén látszanak, máshol teljesen

eltűntek, a kvarcszemek igen erősen reszorbeálódtak. Szélsőséges kifejlődésben az alapanyag kvarc- és szericit-szferolitokból áll, amelyben az idiomorf kvarcszemeknek már csak magjai maradtak meg és ezek szericites kvarckoszorúval vannak körülvéve. A kvarc apró szemecskékben vékonyabb-vastagabb járatokban, mint új anyag is kerül a kőzetbe, annak fluidális texturát kölcsönözve, amelyben ugyancsak régi porfiros kvarcszemek maradványai úsznak. Ezek már szinte kvarcteléreknek látszanak, rétegesek, fluidálisak. A karácsonyhegyi bányában sikerült olyan gránitporfir-telért találni, amely csapásban ilyenné alakul át. Vagyis ez a változás a már kialakult kőzetben, de még a kvarcok reszorbciójából ítélve magmatikus állapotban ment végbe. Normális biotitos gránitporfirt, amely ilyen szferolitos reszorbeált kvarcszemeket tartalmazó változatba megy át, a Meleghegy keleti oldalán, kvarcosodott helyen is sikerült találnom. De ugyanez az elváltozott gránitporfir van meg *Kiss J.* leírása szerint a polgárdi mészkőfejtőben is és ugyanezek a jobban, vagy kevésbbé elváltozott kőzetek találhatók meg a Templomhegyen, Csúcsoshegyen, Csekélyhegyen és Csekehegyen is. Ezekkel a változásokkal párhuzamosan fut a gránit biotitjának elvesztése, amely a hegység nyugati szélén számos helyen tapasztalható.

Eddig az állapotig tehát a fejlődés az egész hegységre közös. Vagyis a kvarcosodás egyféleképpen jelentkezik a tágabb értelemben vett hegységben Polgárditól Pázmándig. Ismétlem, a kvarcszemek reszorbciójából ítélve, ez még magmatikus folyamat lehetett.

Ezzel párhuzamosan, illetve ezt túlélve következik a pegmatitos fázis, amely főleg két helyre koncentrálódik és ez a Gécsihegy központi területe és a Pákozdtól északnyugatra eső Zsellérek-legelője. Az elsőn kiterjedt pegmatitmezőt találni. A turmalin csak gyéren jelentkezik benne. Jobban az aplitokban, amelyeket sokszor zónásan beszüremkedve harántol. Az aplitok mind a hegység csapásirányát, vagyis az elsődleges tektonikai irányt követik. Egyedül a Mélyszegen található egy üde rózsaszín turmalinos aplit, amelynek csapásiránya észak-déli. *Az aplitok keletkezésének végén jelenik meg először a hasadékok haránt-iránya a hegységben.*

A pegmatitokat erőteljes turmalinos kvarcosodás követi, amely főleg a gránitot befedő palákban nyilvánul meg. *Nem véletlen, hogy a palákban nem találunk aplitinjekciókat.* Ezzel szemben kvarcosodásuk helyenként olyan nagyfokú, hogy szinte a kvarcit külsejével hatnak. *Ez a kvarcosodás már andaluzitos palákat ért.* Ahol a palákat turmalinos kvarcerek, vagy turmalin-nélküli kvarcerek járják át, ott andaluzitot sehol sem találunk a palában, hanem helyette csupán ezek szericitesedett körvonalait.

A turmalinos kvarcosodás, amely nagyarányú volt, már a tektonizmus jegyeit viseli magán, amennyiben szerkezete breccsás. *Ez a kvarcosodás lehetett pneumatolitos, vagy korai turmalinos hidrotermális, de mindenképpen nagyobb hőfokú és ércet nem hozott.* Breccsás, turmalinos kvarcereket, sem a Csalai-felsőmalomnál, sem a Kőrakás-hegyen, sem a Vargahegyen nem találunk,

hanem csak az Antónialiegyen és a Gécsihegyen, vagyis ahol a későbbi folyamatok is breccsás kőzeteket hoztak létre. *A turmalinosodott helyeken azt találjuk, hogy azok összeesnek a későbbi legerősebb hidrotermális kvarcosodás öveivel.*

A turmalinosodás szinte észrevétlenül megy át a hidrotermális kvarcosodás folyamatába, amely egyben a kvarcosodás legkedvezőbb fokát is jelenti. Ez a kvarcosodás azonban már kétféle és a két változat igen lényegesen tér el egymástól. *Az első, amit meleghegyi típusúnak mondhatok, a kőzetben levő szilikátok kilúgozásával jár együtt és sohasem kíséri fluoritkiválás. A másik, amely a hasadékokat kitöltő kvarctelérekhez van kötve, a földpátokat nem bontja el. Hajszálereik átszelik a földpátokat, amelyek teljesen üdék maradnak. Ezek a kvarctelérek csaknem minden esetben fluoritot tartalmaznak. Az első kvarcosodás hozta létre a metaszomatikus hintett ércesedést, míg a másik a telérek érckitöltéseit. Az első pirit, kalkopirit-antimonit, míg a másik főleg galenit-szfalerites ércesedést idézett elő.* Az első bevezető ércesedés a tisztán pirites behintés, ami jellegzetesen a Retezibányában látható. Az első breccsás szerkezettel kísért, míg a másik nem.

Nyilvánvaló, hogy a nagyobb hőfokú, és az elsődleges tektonikus irányt követő a korábbi és ez a meleghegyi típusú metaszomatikus ércesedés, amely csupán a Gécsihegyen lesz erre a porfiros irányra csaknem merőleges. De ekkor már valószínűleg a második típusú ércesedés is megkezdődik, éspedig kezdetben ugyanebben a primer tektonikus irányban (Suhogó), majd fokozatos áthajlással a primer csapásirányra merőleges irányban (Cseplekhegy).

Így alakul ki a két ércesedési középpont, a Templomhegyen és a székesfehérvári szőlőkben. Az egyik a Meleghegy, Gécsihegy, Cseplekhegy környékén (kinyúló aranybullai nyúlvánnyal), a másik pedig Sukoró, Vaskapuhegy, Szűzvári-malom vonaltól nyugatra egészen a Szárhegyig.

Az eltérő kvarcosodás és ércesedés oka még nem eléggé tisztázott. Lehet, hogy a fluorit jelenléte okozza a különválást. De lehet, hogy a meleghegyi kvarcosodásnál sem a kvarcosodás idézi elő a földpátok kilúgozódását, hanem az érces oldatok, amelyek ennél közvetlenül érintkeznek a szilikátokkal, míg második esetben csak a telér falánál, amely pedig ugyancsak mindig kontakt hatásokat mutat. De lehet, hogy a hintett ércesedés, illetve kvarcosodás nagyobb hőfokával hozható összefüggésbe és végül az is lehet, s ez a legvalószínűbb, hogy ezeken a csatornákon először nem az oldatok, hanem a turmalinos fázis nagy hőfokú gőzei és gázai járták át a kőzetet. Erre vall a Meleghegy nyugati oldalán behajtott szintes táróból kikerülő kloritosodott, szericitesedett gránit is. Ebben a fázisban keletkezhetett a gránit piritesedése, amely a kvarcosodás bevezetéseként annak kisugárzó képződménye lehet. Hogy idősebb, mint a galenites, baritos kvarctelér, azt bizonyítja, hogy a sukorói baritos kvarctelér már ilyen gránitban fut végig.

A ciklus befejézéseként hidegebb oldatok törtek fel és mindkét képződményben, Falubattyánt is beleértve, megjelennek az antimon-ásványok.

Mi a különbség a Meleghegytől keletre és a nyugatra eső terület, illetve a Meleghegy és Templomhegy között? A különbség a kétféle kvarcosodás és a kétféle ércesedés. *A két utóbbi között pedig az, hogy a Meleghegy hintett ércesedésében kevés a pirit és így kevés szabad kénsav szabadult fel az alunitképződéshez, míg a Templomhegy és a tőle keletre eső területeken túlnyomórészben piritesedés ment végbe és így az oxidáció folytán felszabadult nagymennyiségű szabad kénsav az alunitképződést okozta.* És ezzel el is jutottunk a magmás folyamatok fejlődésének utolsó fázisához. *Az ércet hozó kvarcos oldatok a telérszerű járatokban és azok mentén impregnálták a korábban átalakult szericitesedett kőzetet, vagy a szétnyílt hasadékokat fluoritos ércanyagukkal töltötték ki, amely alkáliás volt, tehát kaolinosodást, még kevésbbé alunitosodást nem idézhetett elő.* A hőmérséklet teljes lecsökkenése után az oldatok megszabadulva érctartalmuktól, savas kémhatásúvá válva, *a kaolinosodás folyamatának kezdetét is előidézhették.* Bár ez a későbbi felszínre került kőzet szulfidos oxidációja folytán keletkezett savas kőzetben is végbemehetett, különösen, ha tekintetbe vesszük az oxidációval bekövetkezett hőmérsékletemelkedést is. *A harmadidőszaki andezites vulkánosság utóhatása komolyabb ércesedést nem idézett elő. Kvarcosodást még kevésbbé. Ennek komolyabb nyomait sem az andezitben, sem az andezit ütötte sebhelyeken nem tapasztaljuk. Ezzel szemben az andezit feltörése éppen ezeken a helyeken történt, ahol kisebb erőket kellett a feltörő tömegnek legyőznie.*

A kialakult oxidációs övben az ásványok átalakultak, kilúgozódtak, megkezdődtek *a felszíni mállás kémiai folyamatai, aminek során a könnyen oldatba kerülő réz és cink* mélyebb szintekig eltűnt a felszínről és csak ott maradt meg, ahol kvarcosodott kőzetben védelmet kapott a kilúgozás ellen. *Ezek és a többi érc helyét a felszínen csak jellegzetes sejtes üregeik árulják el.*

Az elsődleges, a hipogén ásványok helyén megjelennek a hipergén ásványok, a limonit, az alunit és a kaolin, amelyekből következtetni lehet az őket létrehozó elsődleges ásványtársaság koncentrációjára.

Az előadáshoz hozzászólt :

ERDÉLYI J., FÖLDVÁRI A.,
KISS J., SZÁDECZKY-KARDOSS E.,
SZTRÓKAY K. I., VADÁSZ E.

A MAGYARORSZÁGI KŐOLAJ- ÉS FÖLDGÁZTELEPEK KELETKEZÉSE

KERTAI GYÖRGY
(Bánya és energiaügyi Minisztérium)

BEVEZETÉS

A magyarországi kőolaj- és földgázkutatás időszerű kérdései felölelik az ország valamennyi kutatásra érdemes területének földtani és geofizikai problémáját. A jelenlegi körülmények között nincs meg a lehetőség arra, hogy a területek határozott kérdéseivel foglalkozzunk.

Közleményemben azokat az általános elméleti megállapításokat foglalom össze, melyek a magyar kőolajgeológusok gazdag tudományos megállapításaiból levonhatók.

Időszerű azonban több olyan megállapításunkat újra leszögezni, s újabb érvekkel megerősíteni, melyek az olajgeológusok körében már általában ismertek sőt már részben a legújabb tankönyvekben is megjelentek, földtani irodalmunkban azonban még nincsenek kellőképpen kifejtve.

Nem foglalok állást a szerkezetek képződésének ügyében, mert az eddigi vizsgálatok azt mutatják, hogy értékes olajtelepeink nem egyféleképpen keletkeztek. Ugyanez vonatkozik az olajcsapda-típusok kialakulására is. Újra leszögezem álláspontomat a dunántúli kőolaj keletkezésére vonatkozóan, alátámasztva azokkal az érvekkel, melyeket *Kucev* és *Macovej* geológusokkal folytatott viták alakítottak ki. Új megállapításként foglalkozom a magyarországi fosszilis széndioxidtömegek szerves keletkezésének lehetőségével.

I. A KŐOLAJ- ÉS FÖLDGÁZTARTÓ SZERKEZETEK TEKTONIKAI PROBLÉMÁI

Gazdaságilag legértékesebb olajmezőink közül kettő szimmetrikus, enyhén diszharmonikusan gyűrt szerkezet. Fontos kérdés, amit tisztáznunk kell, hogy ilyen — eddig legértékesebbnek mutatkozó — szerkezet-típusok keletkezése hogyan történt meg a magyar medencében.

1. *A függőleges, illetve vízszintes orogén és epirogén mozgások lehetősége.*

A geológusok egyik csoportjának elgondolása szerint a délnyugat-dunántúli gyűrt, helyesebben hajlott formák keletkezése összefügg a horvátországi

Ivanscica-antiklinális orogén jellegű felgyűrődésével. Ezek a tektonikai mozgások a stejer orogén folyamat egyik utolsó fázisát képviselik.

Amennyiben ezt a feltételezést fogadjuk el, akkor is meg kell állapítani, hogy a hajlott formák esetében szerkezeteink területén feltétlenül szinepirogén-posztorogén folyamat is végbement. Erre utalnak ugyanis azok a felszínen is látható enyhe dőlések, melyek bizonyítják, hogy a rétegek meggyűrődése még a pliocén időszak legvégén a felsőpannóniai alemelet, illetve a levantei alemelet idején is folyamatban volt. Ha ilyen tektonikai folyamatot tételezünk fel, akkor egészen bizonyos, hogy a szakaszosan megismétlődő későbbi hegyképző mozgások fázisában közrejátszott már az az epirogén folyamat is, mely a pannóniai medence és a környező részmedencék (alpesi, illetve dinári) között fellépő izosztatikus kiegyenlítődés eredményeként játszódik le.

Ebben az esetben tehát az alpesi stejermozgások revolúciós folyamata emelte ki az Ivanscica, illetve varasdi hegyek főtömegét és ezután a pannóniai medence fokozatos süllyedése hozott létre újabb tektonikai formákat a medence belső részében. Ha eltekintünk az olajképződés általános paleogeográfiai szabályától, amely már eleve a tengerek autochton partöve felé irányítja a kutatást, akkor is le kell vonnunk a következtetést a fenti tektonikai feltételezésből. A tektonikai formák közül a leghatározottabb mozgások természetesen a medence szélén mutatkoztak és ennek következtében tektonikai okokból is elsősorban a stejer és attikai mozgásokkal kiemelt hegytömegek és a medence határterületeinek *kutatása elsőrendű feladat.*

Ugyanez a feltevés, illetve az orogén és szinepirogén, függőleges mozgások döntő szerepe a szerkezetképződésben további következtetésekre is jogosít, mivel nem pusztán az orogén folyamat volt a szerkezetek képződésének oka, hanem mint fentebb állítottuk, abban a medence epirogén süllyedése is szerepet játszott. Ilyen összetett tektonikai hatások esetében ugyanis egy ilyen belső medencében az erők kiegyenlítődése feltétlenül az ú. n. rotacionális — stresszhatás érvényesülését is magával hozza. A rotacionális — stresszhatás a medence belső részén a különböző irányból ható erők eredőjeként új mozgások keletkezését okozza, s e mozgások a medencén belül is a peremi mozgásoktól független irányú és mértékű tektonikai folyamatokat válthatnak ki. Ez a legkevésbbé bizonyítható, nehezen megfogható feltételezés, amely *a kutatás szempontjából nem ad* értékes támpontot.

E vízszintes és függőleges erőhatások melletti érvként hozható még fel az az általánosan ismert tény, hogy a pannóniai medencében ma is vannak függőleges elmozdulások, melyek geofizikailag és geodéziailag kétségtelenül kimutathatók. *Kántás* és *Scheffer* feltételezik, hogy a paleozoikum és a mezozoikum eredeti sztatikus állapotától függően eltérő irányú mozgásokat mutat, mégpedig olyan módon, hogy a mezozoikum emelkedik, a paleozoikum pedig süllyed. Erre vall a mágneses térképek alapján feltételezett paleozoós rögök feletti vastagabb üledéksor egyes helyeken, pl. a Kisalföldön és ezt erősítené

meg a mezozoós rögök felett emelkedő harmadkori rétegsor, pl. a hahóti területen. Ellenemond azonban ennek az alföldi paleozoós rögök felett talált hajlott szerkezettípus, pl. Biharnagybajomban és Kőrösszegapátin. E szerkezettípusok keletkezése vagy éppen a paleozoós rögök emelkedését bizonyítja, vagy pedig a harmadkori hajlott formák más okokra vezetendők vissza, pl. a később ismertetendő szedimentációs szerkezetképződésre.

Amennyiben a harmadkori tenger alapját képező hegységrögök eltérő módon történt mozgása okozza a magyar medence jelentős tektonikai formáit, úgy a kutatás feladata, hogy azokat a helyeket tisztázza, ahol a harmadkori tenger alapja változik, azaz *kutatni kell a mezozoikum és paleozoikum egymással érintkező öveinek környékét.* Ezeken a helyeken ugyanis a harmadkori rétegsoroknak a legélénkebb tektonikai formákat kell mutatni.

2. *Szedimentációs szerkezetképződés lehetősége*

Szerkezeteink keletkezésének másik, újabban több kutató (elsősorban *Vadász*) által valószínűnek tartott magyarázata nem vízszintes-függőleges mozgásokra vezeti vissza a gyűrt, illetve hajlott formák keletkezését. E magyarázat szerint a hajlott formák az üledéksorok kompakciójával vannak származási kapcsolatban. Ezek szerint a ferdehelyzetű hajlott rétegsorok úgy keletkeztek, hogy az alaphegység mélyebb helyzetű részei fölött vastagabb, lágy üledéksor rakódott le. A vastagabb, lágy üledéksorok nagyobbmértékű kompakciót szenvedtek, mint az alaphegység kiemelkedettebb részei feletti vékonyabb, lágy üledéksorok. A vastag, lágyabb üledéksor alsó részeinek, idősebb tagjainak, kompakciója az alaphegység mélyebben fekvő övei felett szinklinálisokat ha az alaphegység kiemelkedettebb részei felett antiklinálisokat eredményez. A rétegsor ebben az esetben alkalmas arra, hogy az alaphegység mélyebb helyzetű rögei feletti üledéksorok szénhidrogénkincséből a másodlagos vándorlás meginduljon és az alaphegységrögök felett, illetve azok oldalán olaj- és gázcsapda képződése megtörténjék.

Elősegítheti még az ilyen szedimentációs szerkezetkeletkezést az a körülmény, hogy a harmadkori tenger, — különösen az alsópannóniai emelet középső és felső szinttájának képződményei a tenger gyakori oszcillációja következtében igen változatos szemcseösszetételüek. Az eltérő szemnagyságú üledékek kompakciója is eltérő és ennek következtében pl. vastag, lágy pelit rétegsorok felett a kompakció nagyobbmértékű, mint ott, ahol pszamitos rétegek vannak túlsúlyban. Ezért a kompakció az üledékek kőzettani jellegétől függően is eltérő mértékű lehet vízszintes irányban és ez azt eredményezi, hogy ferdehelyzetű rétegek jönnek létre.

Az alaphegységeknek ilyen egykori emelkedettebb, jelenleg mélyebb helyzetben lévő *formáit kell* ilyen esetben *kutatnunk*, függetlenül attól, hogy ezek a formák egyszerűen morfológiai alakulatok-e (esetleg riffek vagy »biohermek«) vagy pedig tektonikailag megemelt formák.

Ilyen rátelepüléses szerkezetképződés esetében a kutatás, megfelelő szeizmikus kutatóberendezés használatával, egyszerűbb feladatok előtt áll, mintha függőleges vagy vízszintes mozgások jelenlétével számolunk.

Mindezek nem érintik azt a kérdést, hogy harmadkori rétegekben így keletkezett hajlott formák *gyűrt vagy tört* alakzatokat hoztak-e létre. Valószínű, hogy az első feltételezés inkább a tört alakzatok képződésének kedvez. A Bükkhegység környéki olajelőfordulások szerkezete töréses és ez a körülmény az első elméletet támogatja. A hahóti, sőt biharnagybajomi és kőrösszegapáti szerkezetek keletkezése azonban könnyen történhetett meg a szedimentációs úton. A budafapusztai és lovászi szerkezetek szedimentációs képződése ellen szól, hogy a szerkezetek viszonylag meredek, 5—15° dülésű rétegeket tartalmaznak, 1000—1800 m között és igen keskeny és viszonylag meredek alaphegységkiemelkedés kell ahhoz, hogy az eddig feltárt 2500, illetve 3200 méternél mélyebb helyzetű alaphegység »kaptafaszerű« hatását éreztesse.

A felszínen észlelhető enyhe dőlések viszont a szedimentációs keletkezésű szerkezetek létezését támogatja. Ezeknek a felszíni dőléseknek nagyságrendje ugyanis jobban hasonlít az alaphegység feltételezett rögös szerkezetének méreteire, mint a medence helyi süllyedésének, illetve emelkedésének nagyságrendjére. Az előbbi 1—2—3 km-es, az utóbbi epirogén folyamat 10—20—50 km-es méreteket követel.

Meg kell még azt is jegyeznünk, hogy az üledékképződés változatossága, *Szalánczi* és *Vecsey* megállapítása szerint, az alsópannóniai rétegsorban a fokozatosan édesedő elegyes vízből, pl. Kiscsehi területén arra utal, hogy az ülepedés közben vízalatti kisebb rogyások, csuszamlások fordulnak elő a rétegsoron belül, melyek helyi, valószínűleg hajlott vetők formájában jelentkeznek. Ez a körülmény helyileg maga is oka lehet *az olajcsapda-képződésnek*, mert az ilyen helyi jellegű tektonikai vonalak a ferdehelyzetű likacsos rétegeket felfelé elzárhatják. Így következik be az, ami részben pl. a kiscsehi mező sajátos tektonikai jellegét okozza, hogy ebben a viszonylag igen lapos (2—3°) településű rétegsorban egymáshoz egészen közel két-három méteres márgapaddal elválasztva, egymás alatt olaj, víz, gáz, majd ismét víz és olaj található. A másodlagos vándorlás folyamán keletkezett csapadékképződés az ilyen területen *a kőzettani mikrotektonikai összetett csapda* különleges eseteként fogható fel.

Mind a függőleges-vízszintes mozgások feltételezése, mind a szedimentációs, illetve kompakciós szerkezetképződés esetében, természetesen szerkezetek létrejöhetnek nemcsak a medence közepén, hanem *az alaphegység felszínre emelkedő tömegeinek oldalán is.* Ilyen esetekben létrejöhettek a magyar medencének igen sok helyén ú. n. *öves*, illetve *sztratigráfiai csapdák.*

A csapdák típusa lehet egyaránt gyűrt és törésekkel elzárt. Táblás típusú szerkezetek keletkezése a magyar medence neogén és paleogén viszonyainak ismeretében nem tételezhető fel. »Riff«-típusú csapdák és kőzettani változások következtében kialakult szénhidrogén-tároló rétegek jelenlétével viszont mind

a szarmatában és felső-mediterránban, mind az eocénben és annál idősebb eltemetett mészkő, illetve dolomit rögeinkben számolnunk kell.

A *Bród*-tól »rétegcsapdának« és »halmazcsapdának« nevezett mindkét típust megtaláltuk Magyarországon. A budafai és lovászi típus kétségtelen rétegcsapda, — a pusztaszentlászlói tortonai mészkő és mezozoós mészkő repedéseiben, illetve likacsaiban talált olaj pedig jellemző esete a halmazcsapda képződésének. Kőzettani csapdáknak tekinthetjük a homoklencsék kiékelődésének következtében elzárt olaj-, illetve gáztömegeket. További kutatásainkban tehát valamennyi csapda-típus lehetőségével számolnunk kell.

3. *A közölt tektonikai elgondolások figyelembevételével kutatásunk szempontjából az alábbi feladatok várnak megoldásra*

a) Olajtároló szerkezeteket kell keresnünk leginkább monoklinálisan felhajló formaelemekkel, a paleográfiai és a fenti epirogén, orogén folyamatok figyelembevételével, a pannóniai medence peremvidékén. Ezek a területek voltak ugyanis a legalkalmasabbak az olaj képződésére és ezek a területek voltak kitéve legerősebben a tektonikai hatásoknak is.

b) Keresnünk kell a pannóniai medence határterületén és belsejében azokat a helyeket, ahol a paleozoós és mezozoós alaphegységek feltételezett ellentétes irányú függőleges mozgásai megtörténtek.

c) Keresnünk kell az eltemetett alaphegységrögök oldalán és felett az üledékek kompakciója következtében létrejövő hajlott formákat.

d) Keresnünk kell a felszínre emelkedő mezozoós hegységek oldalán, a mélyben esetleg létrejött ú. n. öves, illetve rétegtani csapdákat.

e) A fiatal üledékekkel eltemetett valamennyi mészkő és kristályos rögöt mélyfúrással kell feltárni azokon a területeken, ahol a szénhidrogén keletkezése bizonyítható.

f) Az olajkeletkezés helyének és az anyakőzet következőkben leírt létezésének, előfordulásának ismeretében figyelembe kell vennünk az elsődleges és másodlagos vándorlás útját, a fenti tektonikai formákon belül.

Ez az elgondolás volt az alapja az utóbbi idők kutatási eredményeinek.

II. A KŐOLAJ ÉS FÖLDGÁZ KELETKEZÉSE ÉS ANYAKŐZETE

A kőolaj keletkezésére vonatkozó régi felfogás szerint kőolaj csak olyan erősen sósvizű üledékekben keletkezhet, amely bőségesen tartalmaz fosszilizálódott maradványokat, elsősorban foraminiferákat. Az újabb irodalom, különösen *Uszpenszkij*, *Csernisева* és *Mandrikina* vizsgálataiból azonban ma már tudjuk, hogy valamely kőzet anyakőzet jellegét nem a benne lévő héjmaradványok mennyisége szabja meg. Nagy szerves-anyagtömeg felhalmozódása történik olyan helyeken, ahol az élő anyagok életkörülményeiben valamilyen ugrásszerű, forradalmi változás következik be. Ez a változás megtörténhet mind térben, mind időben. Ilyen lehet pl. a tengervíz fizikai és kémiai állapotában

történő változás, ilyen lehet nagytömegű édesvíz és sósvíz találkozása. Ez a körülmény természetesen nemcsak fosszilizálható, tehát héjmaradványokat hátrahagyó élő-anyagokra vonatkozik, hanem elsősorban éppen az élőlények protoplazma anyagára, illetve az abból származó szerves termékekre. Így elsősorban olajképző anyag a plankton, a nekton, a benthos *sejtállománya* és az édesvizekkel a szárazföldi területekről behordott hatalmas szervesanyag, humuszanyagtömeg. Nagy szerepük van az olajképződésben az algáknak, általában az egysejtűeknek. Az édesvizekkel behordott humusz és egyéb szerves anyagok kolloidállapotban lebegnek mindaddig, míg a fizikai és kémiai viszonyok változása a tengervíz határövein ezek kicsapódását idézi elő. Ilyen módon anyakőzetté válnak olyan pelites üledékek, melyekben a vázrészek, kagylóhéjak vagy foraminiferák maradványai egyáltalában nem találhatók.

Az alsópannóniai üledékek tudvalevően a szarmáciai üledékek felett folytonos rétegsorok alakjában települnek. Az alsópannóniai üledékek elegyes vizüek és a tenger fokozatos édesedését jelzik. Fokozatosan mennek át ezek az üledékek a határozottan édesvizi jellegű felsőpannoniai (dáciai) üledékekbe. Az alsópannóniai tenger üledékképzése idején a fizikai és kémiai viszonyok tehát gyakran változtak és sok helyen volt meg a lehetőség nagytömegű élőanyag elpusztulására.

Felmerül a kérdés, hogy a magyarországi eddig ismert legértékesebb olajtelepek anyakőzete milyen korú képződmény. Eddigi megállapításaink szerint a budafapusztai, a lovászi, az újfalusi és valószínűleg a hahóti kőolaj anyakőzete a szarmáciai és alsópannóniai márga, agyagmárga és kőagyag. Az oldalirányú elsődleges vándorlás a szinklinálisokban indult meg. Az anyakőzetként szereplő pelites üledékből olyan helyeken tudott kellő mennyiségű szerves anyag kipréselődni, ahol a pelites üledéksor elég gyakran változik likacsos, átbocsátó, pszammitos üledékekkel. Olyan helyeken ugyanis, ahol a pelitekre, márgákra, agyagokra folyamatosan, hasonló finomszemű, pelites üledék rakódott, ott a kőzet diagenezise, megkeményedése már olyan fokot öltött, hogy a kőzetből az olaj, legalábbis a kőzetre tetemes vastagságban rárakódó újabb kőzetek nyomáshatására, nem tudott likacsos kőzetekbe vándorolni. Ilyen helyeken a tárolókőzetekbe csak a legfelső pelitrétegek szerves anyaga vándorolhatott át s ez a mennyiség nem elegendő ahhoz, még tektonikai formák keletkezése után sem, hogy belőle gazdaságilag értékes olaj-, vagy gázfelhalmozódás jöjjön létre. A másodlagos vándorlás tehát, csak a változatos ülepedési viszonyok esetén eredményes. Ilyen helyek különben a szerves anyagok nagymértékű pusztulási helyei is.

Magyarország területén a szarmáciai és alsópannóniai pelitek kőolaj anyakőzet jellegét az alábbi bizonyítékok támogatják:

1. a szarmáciai és alsópannóniai agyagmárgák, márgák, kőagyagok igen sok helyen *tartalmaznak* barnaszínű *bitument, illetve kőolajat*, amely ezekből a kőzetekből szerves oldószerekkel könnyen kivonható. Vastag üledéksorokban,

pl. az újudvari területen, Salomváron vagy a mihályi 2. sz. fúrásban 100 m vastagságot is meghaladják az olyan pelitek, amelyekben az olajmennyiség átlagosan 1—2 térfogatszázalék. Ez az olaj sokszor a márgák, illetve agyagok réteglapjai között szabad szemmel is megfigyelhető barna olajcseppek alakjában. Ugyancsak gyakori, hogy az alsópannóniai márgában fúrt magok kiemelése után a magok felszínéről gázbuborékok távoznak. A tömött márgából sokszor napokig bugyborékol még ki a gáz, jellemző sziszegő hangot hallatva. A fúrómunkások az ilyen márgákat »fütyülő márgának« nevezik.

2. A pelites üledékekben nagyon sok helyen ott vannak nagy bőségben a mikroszkópos méretű olajcseppek olyan helyeken is, ahol a pelit felett vagy alatt lévő likacsos, homokos kőzetben nyoma sincs az olajnak. Az olaj ilyen esetben feltétlenül a pelites kőzettel szingenetikus. Bizonyítja ezt az az egyszerű fizikai tény, hogy a szubkapilláris likacsokba utólag nem kerülhetett az olaj. A víz és az olaj felületi-feszültség különbsége következtében ugyanis ilyen *szubkapilláris likacsokból vizet olaj nem szoríthat ki.* Ha vándorlás útján került volna az olaj ezekbe a pelitekbe (agyagmárgákba, márgákba, kőagyagokba), akkor a fizikai törvényszerűségek azt követelnék, hogy a nagyobb likacsokban több olaj helyezkedjék el, mint a szubkapilláris likacsokban. A márgák között lévő homokkövekben tehát feltétlenül olajnak kellene lenni. A valóság azonban az, hogy pl. Mihályiban, a kisalföldi medence közepén, a pszammitos üledék olajmentes, míg a szubkapilláris likacsok olajjal vannak tele. Nem cáfolja ezt az a feltételezés sem, hogy a likacsos homokkőből az olaj elvándorolt, míg a kevésbbé likacsos szubkapilláris likacsrendszert tartalmazó márgából, illetve agyagmárgából az olajat a víz nem szorította ki. A fizikai törvények szerint ugyanis utólagos kiszorítás esetében fordítva kellett volna történnie. A kőolaj tehát szingenetikus az agyagmárgákkal, márgákkal, kőagyagokkal. E kőzetek ülepedési sebessége egyezik a kolloiddimenziók, tehát a szervesanyagok ülepedési sebességével. Kolloid szervesanyagok kicsapódása és lerakódása a vízből a márga, illetve agyagmárga ülepedésekor megtörtént, de a gyorsabb áramlási helyeken, a zavartabb ülepedési viszonyok között a homokkövekkel együtt szervesanyag nem rakódott le. Ha mélyebbről, vagy oldalról utólag migrált volna az olaj ezekbe az üledékösszletekbe, akkor ennek nyomokban a jó átbocsátóképességű homokkövekben is meg kellene lenni, ezeknek azonban még a kötőanyaga is olajmentes. Azt bizonyítja ez, hogy valóban a kolloid méretek ülepedési viszonyai között keletkezett együtt az olaj és a kőzet, tehát anyakőzettel van dolgunk.

3. A pannóniai üledékekben úgyszólván az egész magyarországi medencében találunk több-kevesebb szénhidrogénnyomot. A kiemelt szerkezetektől egészen távol, *szinklinálisokban* vagy szerkezetek szárnyán egyformán megtalálhatók a nyomok. A legtöbb megvizsgált víztartalmú, illetve sósvíztartalmú homokban ki lehet mutatni a metángáz buborékait, bizonyítva azt, hogy az üledéksorokban szénhidrogén keletkezett, illetőleg az ellentétes felfogás szerint

oda migrált. Semmiféle földtani indokot nem lehet azonban arra találni, hogy a szinklinálisokba a szerkezetek tektonikailag mélyhelyzetű részeibe hogyan került volna másodlagos vándorlás útján ez a hatalmas diszperz szénhidrogéntömeg. Ha pedig elsődleges vándorlás következtében találnánk meg az alsó- és felsőpannóniai homokokban, illetve homokkövekben a gázt, akkor ez ismét csak a pannóniai márgák anyakőzetjellegét bizonyítják. Ha ezt a jelenséget, vagyis a szénhidrogének jelenlétét, csak bizonyos tektonikai vonalak közelében figyelhetnénk meg, akkor még feltételezhető lenne, hogy ez a diszperz tömeg is függőleges vándorlásokkal került idősebb rétegekből a fiatalabbakba. Miután azonban ilyen diszperz szénhidrogéneket úgyszólván eddig minden, a pannóniai üledékeket harántoló kutatófúrásban találtak: az alsópannóniai üledékeknek a szénhidrogénekkel való szingenetikus voltát bizonyítottnak vehetjük ezzel a ténnyel is.

4. A déldunántúli olajmezőkön az alsópannóniai homokkősorozat rétegei különböző töménységű sósvizeket tartalmaznak. Az alsópannóniai homokkősorozatnak, az ú. n. lenti márga alatti homokkőrétegeiben a nátriumkloridban kifejezett sótartalom literenként 20—25 grammot is elér. A lenti márga feletti homokkövekben kb. 100—150 m távolságon belül a sókoncentráció felfelé literenként fokozatosan 5, 3, 1 grammig csökken. Amennyiben a rétegsort olyan törések vagy repedések zavarnák meg, amelyeken át az olajtömegek felvándorlásához szükséges függőleges migráció megtörténhetett volna, akkor ezen a törésrendszeren át (illetőleg a migráció útján át) elsősorban *a sókoncentrációnak kellett volna kiegyenlítődni*, mert tudvalévő, hogy az ozmózis nyomás következtében a sóionok hatására még olyan vízzel teli féligáteresztő hártyán át is megindul a vándorlás, amelyen a gáz nem képes átvándorolni, még kevésbbé a folyadék. A sókoncentrációnak tehát — amennyiben törésvonalakkal összekötött tárolókőzetekkel lenne dolgunk, egyenletesnek kellene lennie a különböző, olajtároló rétegek között. Miután a valóságos helyzet ezzel éppen ellentétes, nincs módunk a függőleges migráció lehetőségét feltételezni.

5. A különböző alsópannóniai rétegek olajának kémiai összetétele eltérő. A lovászi mezőn belül pl. a lovászi szinttáj olajának pakuratartalma több, mint kétszerese a felsőrátka-szinttáji olaj pakuratartalmának. A budafapusztai olajmező olaja más jellegű, mint a lovászi olaj és mindkettőtől merőben különbözik a hahóti kőolaj. A hahóti olajmező és a budafapusztai olajmezők ugyanannak a nagy szinklinálisnak északi, illetve déli oldalán feküsznek. A budafapusztai és a hahóti olajmező felhalmozódási területe tehát közös. Ha mindkét olaj valami mélyebben fekvő anyakőzetből, hosszas vándorút után került volna fel pliocén, illetve miocén tárolókőzetekbe, akkor természetes, hogy az olajok összetételének jobban kellene egyezni. Nyilvánvaló, hogy ez az *eltérő összetétel helyi körülményekből adódik*. Ellenérvként felmerülhet, hogy a későbbi geológiai körülmények változtatták meg az olaj összetételét. Így pl. feltehető lenne, hogy a hahóti olajnak nagyobb aszfalttartalmát a karsztvízzel való érintkezés és a mikroorganizmusokkal való szorosabb kapcsolata

okozza. Ezt azonban éppen az ismertetett olajos kőagyag cáfolja. Ezt a kőzetet ugyanis a karsztvíz nem járhatta át, mert akkor karbonátot tartalmazna. E kőzet a mészkő felett van, a felfelé vándorló karsztvíz tehát kisebb nyomású helyre érve, $CaCo_3$-at rakott volna le. Márpedig a kőzet gyakorlatilag karbonátmentes. Egyébként a fizikai viszonyok, a nyomás, a hőmérséklet a hahóti, budafapusztai és lovászi szerkezet között egyáltalában nem különböznek lényegesen, nyilvánvaló tehát, hogy az olajkeletkezés helyi körülményei voltak eltérőek.

A salomvári márgákból kivont olaj törésmutatója 20 C°-on nátriumfényben 1,4914, megfelel ez a hahóti olaj egy 0,885 fajsúlyú vakuum-frakciójának.

6. Azzal a régen, többektől hangoztatott felfogással szemben, hogy az olaj mélyebb rétegekből átdesztillálódás, tehát nem szabad, hanem molekuláris vándorlás útján került volna a feljebb lévő szintekbe, áll az a fizikai tény, hogy az olaj mind Hahóton, mind Budafapusztán és Lovászin bőven tartalmaz 3—400° feletti forráspontú alkatrészeket, melyeknek a kőzetekben lévő nyomáson a forráspontja, illetőleg átpárlódásához szükséges gőztenziója semmiképpen sem engedi meg az átdesztillálódást. Zárt térben olyan nyomáson, amekkora nyomást olyan kőzettömeg képvisel, amely a szükséges hőmérséklet létrejöttét a földkéregben okozhatja (3—4000 m), ezek a frakciók nem indulhattak gőzállapotban vándorútra még a rendelkezésre álló idő alatt sem.

7. Olajtároló rétegeink alatti 1000 méternél vastagabbak a szarmáciai és tortóniai homokkő és agyagmárga, márgarétegek, viszont nem ismerjük eddig sehonnan erről a területről a miocénnál régebbi üledékeket. Nem lehetetlen természetesen, hogy az alaphegység mélyebb részein, a szinklinálisok alatt megvannak a paleogén rétegek is, de ha onnan jött volna az olaj, akkor a vastag miocén rétegsoron kellett volna függőlegesen átvándorolnia és a hosszantartó függőleges vándorlás lehetőségét a fenti tények cáfolják.

8. Kétségtelen, hogy a Kárpátok övén belül a szénhidrogén-keletkezés kiterjesztése a pontusi pannóniai rétegsorig ujdonság. A 30-as években *Kreici-Graf* és *Macovei* élesen szembehelyezkedtek azzal a felfogással, hogy a romániai dáciai olaj autochton. Érveik a következők voltak:

a) a meszeshéjú szerves maradványok jelenléte a dáciai üledékekben,

b) a dáciai agyagok és márgák teljes szénhidrogénmentessége.

Magyarországon ezek az érvek nem állanak fenn. Igen érdekes tény, hogy amíg a felsőpannóniai üledékekben, sőt az alsópannóniai üledékek tetején is, valamennyi molluszka- maradvány meszeshéjú, addig az alsópannóniai márgáknak, s agyagmárgáknak faunája az olajsorozatok közelében mészmentes lenyomatok alakjában található. Igen ritkák a meszeshéjú kövületek az alsópannóniai olajsorozat szinttáján. Az alsópannóniai üledékekben található olajnyomokról már fentebb szóltunk. Megjegyzendő még az, hogy Budafapusztán

és Lovászin a szarmáciai üledékekben ismét gyakoribbak a meszeshéjú maradványok.

Megemlítjük még, hogy pl. az újudvari kutatófúrásokban talált márga olajtartalma azt mutatja, hogy 1 km újudvari márga több olajat tartalmaz diszperz állapotban, mint a budafapusztai olajmező teljes olajkészlete.

A mezozoós mészkő tetején, a lithotamniumos mészkőben és a paleozoós rögök felett a konglomerátumban talált kőolaj kainozóikumnál idősebb keletkezésre határozott adatunk még nincs. Az eddigi adatok alapján azonban nem is szükséges annak a feltételezése, hogy ez az olaj régibb, mint a pannóniai homokkövek olaja. A hahóti szerkezet esetében világos, hogy az eltemetett mészkő-hegységre diszkordánsan települ a harmadkori sorozat. Ennek a harmadkori sorozatnak diagenezise közben, belőle a folyadékok az elsődleges migráció során kipréselődtek. A ferdehelyzetű rétegekben megindult az oldalirányú vándorlás, a másodlagos migráció. E másodlagos migráció során a kipréselődő folyadékok érintkezésbe kerültek a mezozoikum repedésrendszerében található karsztvízrendszerrel. Így a sztratigráfiailag idősebb, de tektonikailag magasabban fekvő helyekre vándorolhatott a folyadéktömeg és a mezozoikum legmagasabb helyeire, a lithotamniumos mészkő-lepelbe vándorolva, ott keletkezett a csapda, ahol impermeabilis márgarétegek fedték azt le. Egyedül a gravitációs elkülönülés elegendő magyarázat arra, hogy Hahót-Pusztaszentlászlón, Hahót-Söjtörön olajcsapdák keletkezzenek.

Az Alföldön a paleozoós metamorf palák feletti kavicskő szintén nagynyomású vízrendszerrel van tele. A kavicskő felett a kiemelkedés szárnyrészein szintén megtalálhatók a diszkordánsan rátelepült neogén rétegsorok. A vándorlás és felhalmozódás fentvázolt lehetősége tehát itt is megvan. Meg kell azonban jegyezni, hogy az alföldi területekről eddig rendelkezésre álló adatok nem elegendőek végleges álláspont leszögezésére. Ezeken a területeken még a harmadkornál régebb keletkezés is lehetséges.

9. Fenti megállapításainkat támogatja *Tomor*nak, a magyarországi kőolajak szerves maradványainak vizsgálatából levont következtetése is.

Igen érdekes körülmény és az alföldi, valamint dunántúli szénhidrogénkeletkezés szempontjából megvizsgálandó tény az, hogy szénhidrogéntelepeink mellett és egyebütt is, a magyar medence gazdagon tartalmaz *széndioxidgázt.* Ez a széndioxidgáz a legtöbb helyen 20—30%, de mindenütt legalább 1—2% szénhidrogéngázzal van keverve. A hahóti mészkőben talált olaj gáztartalma 50% széndioxid, 50% szénhidrogén. A mihályi legtisztább széndioxidtömeg is tartalmaz gáznemű és cseppfolyós szénhidrogéneket. Az Alföldön Kőrösszegapáti nagy széndioxid gázkincse 20—30% szénhidrogént tartalmaz és a gázzal együtt bőségesen benzin-kondenzátum is termelhető. A biharnagybajomi olajmezőn a szerkezet közepén majdnem tiszta szénhidrogéngáz van az olajjal együtt, a szerkezet szélén azonban, a fiatalabb rétegsorban a széndioxid szaporodik fel.

A széndioxid keletkezése tudvalevőleg háromféle okra vezethető vissza :

a) posztvulkáni eredet,

b) organikus eredet (szerves anyagok pusztulása, baktériumok hatására, elegendő oxigén jelenlétében),

c) metamorf eredet, karbonátok termális metamorfózisa folyamán (a $CaCO_3 + SiO_2$ egyensúly $CaSiO_3 + CO_2$ formában válik állandóvá bizonyos nyomáson és hőmérsékleten).

Általános felfogás volt a multban, hogy a legtöbb széndioxidgáz eredete egyszerűen posztvulkáni. Miután azonban Magyarországon a széndioxid az üledékekben a szénhidrogénekkel együtt gyakori, felmerül az a lehetőség, hogy a két gáz eredete sok helyen azonos.

Hahót-Edericsen az eruptív kőzet közelében pl. jelentéktelen a szénhidrogéngázak széndioxidtartalma, Hahót-Pusztaszentlászlón a mészkő fölött 50%-a széndioxid. Biharnagybajomban viszont a metamorf kőzet felett közvetlenül talált olajjal együtt 90%-nál több a gáz szénhidrogéntartalma, csak 8—10%-a széndioxid, a szerkezet oldalán a rétegtanilag távolabbi helyeken. a harmadkori üledéksoron belül viszont a széndioxid-tartalom 80—90%-ra emelkedik.

Karcagon a fiatalabb rétegekben több a széndioxid viszonylagos mennyisége, mint a mélyebb rétegekben.

Igen valószínű, hogy ha a széndioxid teljes egészében vulkáni vagy metamorf eredetű volna, úgy a fenti esetekben fordítva kellene, hogy változzék a gáz összetétele.

Joggal merült tehát fel az az elgondolás, hogy a magyar olajok fiatal alsópannóniai keletkezése és a széndioxidgáz gyakori előfordulása között összefüggés van és a két feltételezés egymást támasztja alá.

Ebben az esetben tehát széndioxid ugyanúgy a szervesanyag pusztulásából keletkezett, mint a szénhidrogének. Széndioxid keletkezhetett mindenütt, ahol a környezet oxigénben gazdag volt, ahol aerob baktériumok végezték a szervesanyagtömeg elpusztítását. Ahol viszont a körülmények anaerobok voltak, ott a szervesanyagok pusztulása közben anaerob baktériumok voltak életképesek, amelyeknek a működéséből szénhidrogének keletkeztek. *Éppen ezért van Magyarországon ilyen szokatlanul sok széndioxidgáz a szénhidrogénekkel együtt, mert az olaj keletkezése is szokatlanul fiatal tengerben, szokatlanul változatos körülmények között történt.* Az alsópannóniai, sőt már a szarmáciai tenger ülepedési viszonyai is meglehetősen változatosak, a tenger gyakori oszcillációja következtében gyakran változhatott a víz szellőzési viszonya és ezért a belső medencében, mely eltér a perikontinentális üledékképződéstől, viszonylag kisebb lencsékben, változatos összetételben találhatók a szénhidrogének és a széndioxidgáz. Az alsópannóniai tenger szervesanyagtömege a gyakori változások közepette pusztult, *időnként*

aerob viszonyok, időnként anaerob viszonyok következtek be. Ettől függően keletkezett széndioxid, illetve szénhidrogén.

Az a tény, hogy az olajtartó és kísérőkőzetekben a fossziliák nem meszeshéjúak, is azt bizonyítja, hogy ahol a szénhidrogének állandók, ott nem állandó a széndioxid.

Fenti megállapításokból a *kutatás célkitűzéseire az alábbiakat szögezhetjük le:*

A kőolaj- és földgázkutatást a magyar medencében elsősorban azokon a helyeken kell folytatni, ahol a már bebizonyított anyakőzet előfordulása ismert, vagy feltételezhető. Elsősorban értékesek tehát a Dunántúlon azok a területek, ahol jelentős miocén- és alsópannóniai üledéktömeg fejlődött ki. A Nagyalföldön és a Cserhát-Bükk mögötti területeken a fentieken kívül még azok a területek is felkutatandók, ahol paleogén rétegsorok vannak eltemetve illetve azok a környékek, ahol ezek kibúvása nincs távol. Kevésbbé értékesek azok a területek, ahol csak levantei vagy felsőpannóniai üledékek borítják a mezozoós vagy paleozoós alaphegységet.

Ezeken az egészükben kimozdult területeken belül az anyakőzet-képződés szempontjából értékesebbek azok a helyek, ahol viszonylag nyugalmasabb üledékképződés történt, váltakozó időszakokban.

Figyelnünk kell azonban a távolabbi kutatás szempontjából arra a körülményre is, hogy a mezozoós mészkövek néhol ugyancsak tartalmaznak bitumennyomokat, pl. a keszthelyi hegységben, a Bakonyban, vagy a Bükkben. Ez a tény egyes kőolajfelhalmozódásaink esetében a mezozoós, vagy paleozoós eredet lehetőségét is nyitva hagyja. Megfelelő kutatási és technikai felkészültség esetén tehát, mint távolabbi terv, a mezozoikum, illetve a paleozoikum szerkezeti egységeinek felkutatása is meg kell, hogy történjék.

III. A KUTATÁSI TERÜLETEK ÉRTÉKELÉSE

Az ország területén jelenlegi ismereteink szerint legkedvezőbb kutatási területek a már ismert olajelőfordulások környékén, Délzalában és az Alföldön, a Bükk-Mátra-Cserhát alján továbbá az Alföld keleti részein vannak. A kutatás számára legkedvezőbb területek a harmadkori és paleogén medencék egykori partközeli övei, tehát azok a helyek, ahol a harmadkori üledékek a mezozoós, illetve paleozoós képződményekre borulnak.

E helyeken azonban nem közvetlenül a ma felszínre bukó, harmadkornál idősebb képződmények közelében igérkezik kedvezőnek a kutatás, hanem attól távolabb. Elsőrendű kutatási területek tehát a mezozoikum, vagy annál régebbi hegytömegek körül fekvő övekben a geofizikailag, vagy földtanilag kimutatható rendellenességek. Értékes tehát a dunántúli középhegységet övező harmadkori szegélyzóna. Értékes a harmadkori üledéksornak nyugati pereme is, ahol már a paleozoikumra borul a fiatalabb rétegsor. Értékes az eddig talált olajnyomok

alapján a Dunántúl déli területe is, ahol vastag üledéksorokkal számolhatunk. Másodrendű, illetve harmadrendű terület a Dunántúlon a Balatontól délre fekvő távolabbi terület, mert ott az eddigi fúrások olajnyomokat még nem mutattak ki és a mágneses felvételek is bonyolult alaphegységviszonyokra, valószínű vékonyabb üledéksorra utalnak, különösen a keleti részen.

A Nagyalföld területén a legértékesebb vidék a Bükk, Mátra és Cserhát hegységektől délre fekvő terület nyugat-keleti irányban, Budapesttől Tiszapolgárig. Ez a terület valamennyi paleogeográfiai és sztratigráfiai-tektonikai kellékkel rendelkezik, aminek alapján olajtartó szerkezetek feltételezhetők. Az Alföld keleti részén Csaptól Tótkomlósig több szerkezet igér olajtermelést, eddigi rétegtani és tektonikai adatunk azonban kevés ahhoz, hogy jó korrelációs szelvényeket fektethetnénk az egyes szerkezeteken át. Még kevesebbet tudunk az Alföld középső és déli részéről, a középső részen nagy minimumok, esetleg vastag üledéksort jelentenek, mely vastag üledéksoroknak az alaphegységre települt emelkedettebb helyzetű részein feltételezhetők a zónális, sztratigráfiai csapdák. Az Alföld legdélibb része, Baja, Madaras vidéke valószínűleg hasonló felépítésű a Dunántúl délkeleti részéhez, zónális csapdák ezen a területen is feltételezhetők.

A kutatás módszere elsősorban a szeizmikus kutatások kiterjesztése, a részletes graviméteres felvételek folytatása, az Eötvös ingamérések további részletkérdések eldöntésére való alkalmazása kell, hogy legyen. Másodsorban a földtani térképezés folytatása, szerkezetkutató fúrások mélyítése és a sekélyebb előfordulások vidékén a geokémiai módszerek kísérleti bevezetése kell, hogy megtörténjék.

Amint *V. P. Kucev* szovjet főgeológus rámutatott, kutatásaink folytatása érdekében sürgősen el kell készíteni a kutatási területek részletes faciológiai, rétegvastagsági térképét és gondoskodni kell a tudományos vizsgálatoknak a fentiek irányában történő fokozott folytatásáról.

A tektonikai kérdések tisztázása érdekében tisztán földtani célú mélykutatófúrást kell telepíteni a Nagyalföldön és a Dunántúlon 3500—4000 m tervezett mélységgel.

A kőolajkeletkezés kérdésének továbbkutatása szükségessé teszi a megkezdett mikroszkópi vizsgálatok folytatását, az olajos márgák geokémiai vizsgálatát — nyomelem azonosítást és a bakteriológiai vizsgálatok bevezetését. A felvetett széndioxid keletkezési elmélet ugyanezen a vonalon szorul további bizonyításra.

Az előadáshoz hozzászólt:

OSZLACZKY SZ., SCHEFFER.,
STRAUSZ L., SZALÁNCZI GY.,
TOMOR GY., VADÁSZ E.,
VECSEY GY.

MAGYARORSZÁGI MANGÁNÉRCELŐFORDULÁSOK ÁSVÁNYAI

KOCH SÁNDOR és GRASSELLY GYULA
(Szegedi Tudományegyetem)

Magyarország, két gazdaságilag jelentős mangánércelőfordulásán (Úrkút, Eplény) kívül még több lelőhelyről ismerünk kisebb, legfeljebb csak ásványtani tekintetben érdekes, mangánelőfordulást. Mindezek az előfordulások mállási — üledékes eredetűek, további beosztásuk a következő:

vegyi üledék: *helyben maradt üledék*, az oxidációs öv ásványa *Rudabánya*, *Komlóska*,
tengervízből vált ki: *Úrkút*, *Eplény*, *Lábatlan*, *Eger vidéke*,
szivárgó édesvízből vált ki: *Mád*.

Ezeken az említett lelőhelyeken kívül még számos helyről ismerünk Mn-nyomokat, ezek azonban annyira jelentéktelenek, hogy velük foglalkozni nem tartottuk érdemesnek.

Rudabánya

Rudabánya elsődleges érce[1] izomorf elegyként mindig tartalmaz néhány százalék $MnCO_3$-ot, melynek mennyisége 7% fölé is mehet. Málláskor a Mn-tartalom részben elválik a vastól és az oxidációs övben megjelennek az önálló oxidos mangánásványok. A Deákbánya okkeres, bariterekkel átjárt limonitjának repedéseiből a piroluzit fennőtt, finomtűs, (001) szerint vékonytáblás, a harmadikfajta prizmaövben görbült lapokkal határolt, karcsú csónakhoz hasonló, manganit után pszeudomorf, milliméteres kristálykáit és ezeknek körkörös-sugaras, illetve gömbös halmazait, valamint az Andrássy II. bánya pszilomelánját ismerjük.

A limonit felett centiméternél vastagabb, felületén gömbös-vesés réteget alkotó pszilomelán a felülettel párhuzamosan futó, rendkívül finom rétegzettséget árul el. A jól csiszolható, de csak nehezen fényezhető, ércmikroszkóp alatt szürkés színű, keresztezett nikolok között anizotrop anyag, igen erős nagyítással is alig kivehető finom szálak kusza szövedéke, néhol a rétegzettségre merőlegesen álló nagyobb egyes szálak, vagy ezekből alakult sugaras halmazok figyelhetők meg. Az igen szívós, közel 6-os keménységű ásvány, az elemzés szerint, tiszta, az ideális összetételhez közelálló pszilomelán:

	$H_4BaMnMn_8O_{20}$	anal. 1.
MnO_2	72,77%	65,68%
MnO	7,42	9,74
Fe_2O_3	—	1,11
Al_2O_3	—	0,45
BaO	16,04	16,87
CaO	—	1,20
MgO	—	1,07
K_2O	—	nyom
Na_2O	—	nyom
H_2O+	3,77	3,74
SiO_2	—	0,67
	100,00%	100,53%

Kérésünkre *Földvári Aladárné* volt szíves a Földtani Intézet laboratóriumában ezt és még néhány anyagunkat nyomelemekre színképanalitikailag megvizsgálni. A rudabányai pszilomelánban jellegzetes, erős vonalakkal jelentkeztek a *Sr* *Rb*

A bányahely oxidációs övében a pszilomelán megjelenése várható volt, mert a mállási oldatok mangánt és báriumot is tartalmaztak.

Komlóska

Sárospataktól keletre, a Tokaji-hegységben levő Komlóska község mellett emelkedő Szkalka-hegy anyaga piroxénandezit. DDK-i oldalában, kb. 315 m. magasságban, az andezit hasadékát mintegy 40 méter hosszúságban és legfeljebb 8—10 méter szélességben réteges forrásmészkő tölti ki, mely a szélén rudas, kristályosodott kalcitba megy át. A mindig vas- és mangánkarbonát tartalmú forrásmészkőben, ennek széle felé, vékony, vashidroxidtól sárgára, illetve mangánoxidtól feketére festett jáspisereket találunk. A mészkő hasadékaiba nyomult kovasavgélbe szivárgó vas- és mangánbikarbonátos oldatokból kicsapódó vashidroxid alaktalan, sárgás gömböcskék alakjában vált ki, míg a mangánérc rendkívül finom szálacskákból álló halmazok, gömböcskék (1. kép), vagy igen apró tűs kristálykákból álló hálós erek alakjában kristályosodott ki a később jáspissá kristályosodott gélben. A manganit utáni pszeudomorfozákat képző, igen apró kristálykák anyaga, mint ezt a 2. elemzés adatai bizonyítják, tiszta piroluzit:

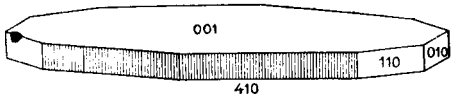
	anal. 2.
MnO_2	15,18%
Fe_2O_3	0,40
CaO	0,25
H_2O	0,57
SiO_2	83,89
	100,29%

Úrkút

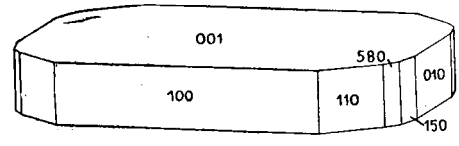
Vadász Elemér kutatásai szerint tengeri üledékes eredetű, felső-liászkorú, jelentős mangánérctelep ásványait *Papp Ferenc*[2] vizsgálta ércmikroszkópi úton és pszilomelánt, polianitot említ e lelőhelyünkről. Szerinte az alap homályos felületű pszilomelán, ebbe ágyazódnak a polianit kristálykákból álló, fémfényű erek, illetve egyes polianit tűk.

Az érc vastagabb, tömött padok és agyagba ágyazott, kisebb-nagyobb gumók, szemek alakjában fordul elő. A válogatás nélkül vett átlagpróbában *Vitális I.* szerint,[3] az alsó pad érce 27,16%, a felsőé 26,43% Mn-t, míg a válogatott tiszta érc 46,05—51,81% Mn-t tartalmaz.

A pados érc anyaga tömött, rendkívül szívós, keménysége közel 6. A gumók anyaga igen változó tömöttségű, erősen fest. A tömött, kagylós törésű példányok jól csiszolhatók, egyenletesen fényezhetők. a gumók anyagát csiszolni, fényezni majdnem teljesen lehetetlen. A kemény, szívós példányok ércmikroszkóp alatt rendkívül finom szálak kusza, filcszerű, tömött szövedékének bizonyultak,



1. ábra.



2. ábra.

a szálak, amennyire megfigyelhető, anizotropok. A réteges felépítésű darabban egyes nagyobb piroluzit tűcskét, vagy tűcskékből álló, az alapanyagnál keményebb, világosabb színű, láng- vagy jégvirágszínű kristályhalmazokat figyelhetünk meg. A gumós ércnek, részben már szemmel kivehetőleg nem egységes anyaga ércmikroszkóp alatt szintén rendkívül finom szálak kusza szövedékének bizonyult, ez a szövedék azonban nem olyan tömött, tűvel karcolható, nem fényesedik, rendkívül nedvszívó. Ezt az alapanyagot nála keményebb, jóval világosabb színű, jól fényezhető erek járják, kusza összevisszaságban át (2. kép). Az erek anyaga tűvel nem karcolható, s részben (a keskenyebb erek) finom piroluzit szálak tömött szövedékéből, részben apró kristályos-szemcsés piroluzitból állanak. Az említett lágyabb alapanyagot fluorsav megtámadja, a benne futó tömött erekre hatással nincsen.

A tömött, pados anyagot vashidroxidban gazdagabb erek szelik át és az erek mentén előforduló, igen vékony, hasadékok falain mm-t alig elérő, ragyogó kristálykák alakjában találjuk fennőve a manganitot. A (001) szerint lapostáblás kristálykákon, goniométeres méréssel a

(001) (010) (110) (410)

formákat sikerült megállapítani. A karcsú csónakhoz hasonló kristálykákon a (001) kissé görbült lapocskái uralkodnak. A harmadik fajta pr izmák közül a

(410)-nak függőlegesen igen finom rostozott lapjai fejlettek jól, az (110) formát és a második véglapot keskeny, ragyogó sávocska képviseli (1. ábra).

Mért és számított értékek:

010 : 110	50°03	49°50
110 : 410	27°43	28°15

A kristálykák néha a (001) lappal párhuzamosan legyezőszerű csoportokká nőttek össze.

Egyes koncentrikus-réteges szerkezetet mutató gumók felületét, vékonyabb-vastagabb, rétegben, limonitos-agyagos kéreg vonja be (anal. 6.), a kéreg éles határral válik el a mangánérctől s mangánt egyáltalában nem tartalmaz.

Egyik, sajnos, nem tudjuk közelebbről, hogy a telep melyik pontjáról, kezünkbe került példányon már szabadszemmel jól láthatók a több cm hosszat elérő piroluzittűk legyezőszerű halmazai (anal. 3.). A darabot fehér, kristályos kalcit szeli át, mely a széle felé tele van rendkívül finom piroluzit szálacskákkal. A darabból ércmikroszkópi csiszolatot készíteni nem sikerült, mert anyaga rendkívül lágy, nem fényesedik és annyira nedvszívó, hogy még a xyollal hígitott kanadabalzsamot is magábavette.

Az ércekből három elemzés készült:

	Anal. 3. kristályos piroluzit	Anal. 4. gumós érc	Anal. 5. tömött, pados érc
MnO_2	71,25%	65,81%	59,83%
MnO	6,56	5,72	9,30
Fe_2O_3	0,80	3,27	9,86
Al_2O_3	0,36	6,87	2,97
P_2O_5	0,54	nyom	0,41
CaO	6,06	0,45	1,36
MgO	0,17	0,19	0,44
BaO	1,32	0,54	0,59
K_2O	3,21	3,82	2,05
Na_2O	0,54	1,08	0,54
H_2O^-	0,59	0,71	1,91
H_2O^+	2,96	2,91	6,87
CO_2	4,76	—	—
SiO_2	0,23	0,63	3,66
	99,35%	100,00%	99,79%

Csak színképanalitikai úton mutathatók ki *Sr*, *Rb*.

A megelemzett ércek szín Mn tartalma 50,11%, 46,01%, 45,00%.

Az elemzések adatai fedik az ércmikroszkópi vizsgálatok eredményeit, az ércek túlnyomó hányada piroluzit. A pszilomelán molekula ugyanis jelentősebb mennyiségű (16,04%), a rácshoz kötött, báriumot tartalmaz, viszont az

elemzések csak csekély Ba mennyiséget mutattak ki. Az uralkodó mennyiségű piroluzit mellett, ércmikroszkóp alatt az alapanyagban külön-külön nem észlelhetőleg, kevés pszilomelánt és a meglepően nagy káliumtartalomból következtetve, kriptomelánt, esetleg manganitot kell feltételeznünk.

Egyes gumós ércet bevonó, sárgás-barna színű, lágy, agyagos-vasas kéreg anyagát szintén megelemeztük a következő eredménnyel:

	Anal. 6.
Fe_2O_3	57,35%
Al_2O_3	6,97
CaO	0,32
MgO	0,56
H_2O-	1,94
H_2O+	11,40
SiO_2	21,51
	100,05%

A tarkaagyagba ágyazva kisebb markazitgumók fordulnak elő. A gumók felületét borító kisebb kristályok az egyensúlyban fejlett (011) és (101) forma oktaéderszerű kombinációi. A csúcsokat néha a (001) kisebb-nagyobb lapjai tompítják.

Az agyagos érc hasadékainak falán a kalcit néhány mm-es, víztiszta, vagy piruloziť zárványoktól festett, apró, fennőtt kristálykáit találjuk. A kristályok az uralkodólag fejlett $(01\bar{1}2)$ és az $(10\bar{1}0)$ forma kombinációi. Sokkal lapdúsabbak és valamivel nagyobbak azok a víztiszta kalcitkristályok, melyeket a liászmészkő hasadékainak falán találhatunk fennőve. Rajtuk goniométeres méréssel a következő formákat állapítottuk meg:

$$(0.17.\bar{1}7.1) \quad (02\bar{2}1) \quad (10\bar{1}1) \quad (21\bar{3}1)$$

Uralkodnak a negatív romboéder kissé görbült lapjai, ezeket tetőzik a $(02\bar{2}1)$ tükörfényes lapjai. Az alapromboéder keskeny, ragyogó tompító sávok alakjában jelenik meg, a szkalenoeder lapocskái aprók, de jól fejlettek.

Az úrkúti mangánérctelep érces ásványai tehát: uralkodólag piroluzit* járulékosan pszilomelán, kriptomelán, manganit, limonit, markazit.

Nem érces ásványai: kalcit, kvarc.

Az érctelepek uralkodó elemei: O, Mn, Fe, Si, Al, K, Ca, H.

* *Papp F.* polianitnak mondja az ércet, de a köztünk lévő ellentmondás csak látszólagos. A polianit és piroluzit név egy ásványt takar, azonban a polianit nevet, a legújabb irodalmat követve, csak akkor használjuk, ha jól fejlett négyzetes kristályokat találunk. A manganit utáni pszeudomorfózákat és a kristályos, távolról sem az ideális MnO_2 összetételnek megfelelő anyagot piroluzitnak nevezzük.

1%-on alúli mennyiségben Ba, IVa, Mg, P, C.

Csak színképanalitikailag kimutathatólag: Sr, Rb.

Mint látható, ebben a vegyi úton keletkezett üledékes mangánércteleppben megtaláljuk a földkéregnek mind a nyolc uralkodó elemét és közülük csak a Na és Mg szerepelnek 1%-on aluli mennyiségben. A foszfornak mérhető mennyiségben való jelenléte arra mutat, hogy az érc keletkezésében organizmusok is szerepet játszottak.

Eplény

Származását és földtani korát tekintve az úrkútival azonos eplényi mangánérctelep gazdasági szempontból kevésbbé jelentős, ásványtani szempontból azonban érdekesebb az úrkútinál.

Ásványait szintén *Papp F.* vizsgálta és szerinte pszilomelán, polianit, piroluzit, manganit, braunit szerepelnek az ércben.

Földvári A.[4], mint nem érces kísérő ásványokat, a kristályosodott kvarcot és a kalcedont említi.

Feltűnő, hogy Eplényben sokkal több és szebb kristályos-kristályosodott érc (manganit-piroluzit) van, mint Úrkúton. A legszebb kristályos érc a kovasavval átitatott példányokon található. Eplényben az érctelep alsóbb részén jelentős mennyiségű kvarcot (jáspis, kalcedon, hegyikristály) tartalmaz. Az eredetileg kocsonyás, viszkózus volta miatt lassan kristályosodó, kovasavgélbe nőttek be a gyorsabban kristályosodott manganit fenn, és bennőtt kristályai, melyek a későbbiek folyamán nagyobb részben piroluzittá alakultak át. Az érc tömött, igen finomszálas alapanyagában gyakrabbak a kristályos-szemcsés piroluzit erek, mint Úrkúton.

Igen szép kristálykákban találjuk, kristályos ércen fennőve, vagy kvarcban bennőve, a manganitot. A fennőtt kristálykákat kalcedonréteg burkolja. Kvarcot nem tartalmazó érces darabokon ritkábbak a manganit kristálykák, csak egy-két kristályos példány kisebb üregeinek falán találtuk őket fennőve. Ezek a kristálykák leszabadíthatók, a kvarcba bennőttek teljesen összetöredeztek, ha ki akartuk őket szabadítani. A manganit kristályok színe sötétebb, fénye gyengébb, mint a már piroluzittá átalakult ércé.

Milliméter nagy, leszabadított manganit-kristálykákon, goniométeres méréssel, a következő formákat sikerült megállapítanunk:

(001) (100) (010) (150) (580) (110)

Uralkodik a (001), jól fejlett az (100), közepesen az (110) és vékonyka sávok a másik két harmadikfajta prizma lapjai.

A kristályok a *b* kristálytani tengely irányában nyúltak meg. Szerepelnek a kristályokon még egy bipiramis lapjai is, azonban ezek görbültek, homályosak lévén, mérésük nem szolgáltatott meghatározásukhoz használható adatot (hkl.: hkl cca 22°—cca 24°). (2. ábra.)

A formák meghatározása a következő mért és számított szögértékek alapján történt:

101 : 150	13°06—13°34′	13°20′
150 : 580	23°22—23°36′	23°10′
580 : 110	12°52—12°59′	13°20′
110 : 100	40°21—40°32′	40°10′

Az uralkodólag fejlett lapok kissé görbültek.

A kvarcba bezárt *fennőtt* kristályok részben az előbbiekhez hasonlók, részben, mint keresztmetszetükről készült 3. és 4. kép mutatja, az az Úrkútról leírtakhoz hasonlóak. Rajtuk, a (001) lapon kívül a (010), (110) és az uralkodólag fejlett (410) forma lapjai szerepelnek, sőt egyes kristályokon csak ez utóbbi forma lapjai észlelhetők. A kristályok a *c* kristálytani tengely irányában nyúltak meg, oszloposak. A kvarcban bennőtt kristályok, mint ezt az 5. kép mutatja, az (100) lap szerint táblásak, rajtuk az (110) forma lapjai egyenetlenül, vagy hiányosan fejlődtek ki, ez okozza, hogy e kristályok némelyike egyhajlásúnak tetszik.

A még kocsonyás kovasavgélben szabadon növekedett manganitkristályok egy részét a később vizét vesztő és kalcedonná kristályosodott gél széttörte, mint ezt a 4. kép kristályán látjuk. A később kikristályosodott kalcedon az idősebb manganitnak kristályait néha ki is szorítja (6. kép).

A manganitkristályok könnyen csiszolhatók és jól fényezhetők. Ércmikroszkóp alatt jól tükröznek, kissé barnás-szürke színt mutatnak, jól észlelhető pleochroizmussal (világosszürke-sötétszürke). Keresztezett nikolok között feltűnő erős az interferencia (a metszetek közel merőlegesek a *c* tengelyre): sötétibolya — világos —, kissé barnásibolyás.

Olajimmerzióban a vörösesbarnás belsőreflexek a csiszolatok egyes pontjain megfigyelhetők. A kristályok csiszolt felületét egy vegyszer sem támadta meg. Némelyik manganitkristályon jól látható, hogy anyaga részben, leginkább a széle felé, már piroluzittá oxidálódott (7. kép). Tiszta manganitot, elemzés céljaira, kipreparálnunk nem sikerült, azonban a 7. és a 8. számú elemzésben szereplő nagy MnO tartalom arra vall, hogy az érc piroluzit mellett még sok manganitot is tartalmaz.

A két elemzett érc közül a 7. számú elemzés anyaga közvetlenül a kalcedonréteg mellőli kristályos részből származik, a 8. számúét a példány másik oldaláról vettük, hol a kristályos-szemcsés érc már rendkívül finomszálas, tömött, filcszerű tömegbe megy át. E tömeg alkotásában a manganit és piroluzit mellett részt vesz a kriptomelán is.

	Anal. 7.	Anal. 8.
MnO_2	55,17%	75,37%
MnO	28,00	11,77
Fe_2O_3	0,23	1,94
Al_2O_3	—	0,68
P_2O_5	—	0,54
CaO	0,53	0,45
MgO	—	0,10
BaO	—	0,18
K_2O	—	2,99
Na_2O	—	0,61
H_2O^-	—	0,24
H_2O^+	6,27	4,22
SiO_2	9,65	0,86
	99,85%	99,95%

Az ércminták Mn tartalma 56,54%, illetve 56,75%.

Kvarcba (kalcedonba) benőve gyakran észlelünk pompás, hegyes tűalakú manganitkristálykákból alkotott kévealakú csoportokat (8. kép) és rendkívül finom, a végük felé még finomabb szálacskákra széthasadó tűket. A kezdeti, vastagabb szál még határozottan acélszürke színű, fémes fényű, a szétpamacsolódásból eredő vékonyabb szálacskák ellenben barnás-rőtesek, inkább gyémántfényűek. Ilyen szálakat mutat a 9. kép.

Rendkívül gyakran találunk, kristályos kvarcba bezárva, hihetetlenül finom »szőröcskék« kusza halmazából álló, plumozitra emlékeztető, sötétszürke foltocskákat, melyek széléről igen finom szálacskák nyúlnak bele a kvarcba. Ezek, a mindég teljesen opák szálacskák visszavert fényben az előbb említett barnás-rőtes színt mutatják. Végtelen csekély mennyiségük miatt mennyiségi elemzésre elég anyagot nem tudtunk belőlük összeszedni. A minőségi elemzés azonban mindig csak mangánt mutatott ki anyagukból, mely, véleményünk szerint, manganit.

Mivel e rendkívül finomszálas anyagot a kvarc minden irányban teljesen körülzárja, nem oxidálódhatott piroluzittá (10. kép).

Az eplényi ércben az úrkútinál jelentősebb mennyiségben találjuk, a már túlnyomó hányadában piroluzittá oxidálódott, manganit utáni igen szép pszeudomorfózákat képező kristályokat, ezek halmazait, kristályos tömegeit. A tömött ércet erekben átszövő kristályos érc kisebb üregeinek falain fennőtt kristályok *c* tengely szerint megnyúlt oszlopok, rajtuk a (001) és harmadik fajta prizmák erősen hajlott lapjai szerepelnek. Mérni a prizmaöv lapjait, erősen görbült voltuk miatt, nem lehetséges. Tulajdonképpen minden egyes nagyobb kristály parallel összenőtt kisebb kristálykák halmaza. A kristályos példányok nehezen csiszolhatók, fényezhetők, kitöredeznek, a *b* kristálytani tengely irányában való összehúzódás következtében amúgy is hézagosak. Jól tükröző felületet nehezen, vagy egyáltalában nem adnak. Ennek ellenére ércmikroszkóp alatt, különösen

olajban, jól megfigyelhető az ércnek feltünő sárga árnyalata, keresztezett nikolok között az erős interferencia: enyhén rózsásfehér-rózsásbarna színekkel.

Ezek a durvábban-finomabban kristályos-szemcsés, manganit után pszeudomorf piroluzit kristályos halmazok igen könnyen morzsolódnak, porlanak, erősen festők.

Vegyi összetételüket tekintve, majdnem tiszta piroluzitnak bizonyultak, mint ezt a következő három, durván (anal. 9. és 10.), illetve finoman (anal. 11.) szemcsés-kristályos anyag elemzésének eredményei mutatják:

	Anal. 9.	Anal. 10.	Anal. 11.
MnO_2	95,05%	94,69%	84,78%
MnO	2,18	3,83	4,19
Fe_2O_3	nyom	nyom	1,04
H_2O	1,35	1,43	0,75
SiO_2	0,72	0,37	9,59
	100,30%	100,32%	100,35%

A vizsgált ércek Mn tartalma 62,90%, 62,88%, 57,25%.

Feltűnő az a példány, melyen manganit utáni piroluzit pszeudomorfózákat, melyeken kitűnően látható a (010) lappal párhuzamos hasadás, finomszálas, tömött alapanyagban találunk bennőve (11. kép). Az alapanyagnál erősebb fényű, annak szürkés színével ellentétben jellegzetes sárgás árnyalatú piroluziton, keresztezett nikolok között, jól megfigyelhetők ez ásványra jellemző interferencia színek.

Jáspisba bezárva a piroluzit gyakran igen finom szálakból álló, jégvirágszerű csoportokban található (12. kép). A jáspisban szabálytalanul elhelyezkedő kristályos csoportok cm^2 nagyságot is elérnek.

Ugyancsak érdekes az a tömött, igen finomszálas piroluzit példány, melybe rétegesen, a tömött alapanyag által mintegy sejtszerűen körülfogva, laza, finomszálas érc telepedett (13. kép). A »sejteket« szegélyező, tömött anyag kemény, jól fényezhető, ellenben a »sejteket« kitöltő, lazaszálas, az alaptól színével is eltérő anyag lágy, nem fényesedik, tűvel fekete por alakjában kipiszkálható.

A tömött, pszilomelánnak mondott, eplényi érc szerkezete ugyanaz, mint az úrkútié. Benne is gyakoriak az alapanyagnál világosabb színű, nála keményebb, parallel összenőtt piroluzitszálacskákból alkotott láng-, jégvirágszerű kristályhalmazok. Az érc anyaga itt is túlnyomórészben piroluzit, azonban, legalább is az általunk elemzett példányokon, vassal, kvarccal és agyaggal erősebben szennyezve, mint Úrkúton.

	Anal. 12.	Anal. 13.	Anal. 14.
MnO_2	54,23%	46,47%	43,28%
MnO	8,22	3,63	2,60
Fe_2O_3	7,84	21,24	7,37
Al_2O_3	5,78	3,67	8,41
P_2O_5	0,09	0,36	0,88
CaO	1,59	1,83	3,27
MgO	0,83	0,37	0,62
BaO	2,45	2,15	1,60
K_2O	2,25	2,11	5,23
Na_2O	1,49	3,12	1,69
H_2O^-	2,35	1,21	4,66
H_2O^+	4,08	6,31	5,18
SiO_2	8,59	7,92	15,69
	99,79%	100,39%	100,48%

Csak színképanalitikai úton mutathatók ki Sr, Rb.

A vizsgált ércminták szín Mn tartalma 40,63%, 32,17%, 29,36%.

Az anal. 12. anyaga úgynevezett »grízes érc«, a 13. minta tömött, szemmel láthatólag vassal szennyezett, míg a 14. minta szintén tömött, agyagos érc. Akét utóbbi a III. szint Ny-i vágatából származik. A vizsgálatok és az elemzések adataiból itt is megállapithatjuk, hogy ezen ércek anyagának zöme piroluzit, kevés pszilomelánnal, kriptomelánnal és relikt manganittal. Az agyagos érc feltűnő nagy K_2O tartalma részben az agyagásványokhoz tartozik. Érdekes a rubidiumnak, ennek az annyira diszperz nyomelemnek megjelente minden színképanalitikailag megvizsgált ércmintában.

Az ércet, mint említettük, kvarcváltozatok kísérik. Közülük a ferrihidroxidtól sárgára festett jáspist, a kékes színű kalcedont és a víztiszta, fehéres, vagy a zárványként tartalmazott manganittűktől szürkés-feketére festett kristályosodott kvarcot találjuk e lelőhelyen.

Vékonymetszetekben a piroluzitba zárt kalcedon sokszor mintaszerűen szép szferolitok alakjában jelentkezik (14—15. kép), e szferolitok kifelé néha kristályosodott, terminális lapoktól határolt kvarcba mennek át. Érdekesek azok a példányok, melyeken a szferolitok továbbnőve szintén kristályosodott kvarcba mentek át és a kvarckristályokon pompásan látszik, a terminális lapok határa mentén, a ritmikus növekedés (16. kép).

Egyes csiszolatokon jól látható a határolt manganitkristályokat kiszorító, rendkívül finomrostos kalcedon, a kalcedon-sávok közötti tereket aprókristályos jáspis tölti ki (17. kép). A legtöbb vékonymetszetben együtt látjuk, az ércet bezárva, illetve részben kiszorítva, a kalcedont, jáspist és a kristályosodott kvarcot 18. kép).

A kalcedon anyaga általában tiszta, minden zárványtól mentes, a kristályosodó gél kiküszöbölte magából az idegen szennyezéseket. A jáspis telve van, főként a szemcsehatárok mentén, vashidroxidos szennyezéssel. A kristá-

lyosodott kvarc, mint ezt már *Földvári*[4] is észlelte, finom manganit tűket tartalmazhat zárványként, ezek okozzák a kvarckristályok szürkés-feketés színét. A kalcedonban, valamint a kristályos ércben található kicsiny odorok falain, néha piroluzit kristályokon fennőve, ezeket többé-kevésbbé bevonva, találjuk a kvarcnak zömökoszlopos kristálykáit, melyek a *Földvári*tól említett három forma

$$(10\bar{1}0) \qquad (10\bar{1}1) \qquad (01\bar{1}1)$$

kombinációi.

A liász-mészkő hasadékainak, valamint a piroluzitban előforduló kisebb üregek falán nem ritka fennőtt kristályokban a kalcit. A mészkövön fennőtt kristályok 2—8 mm hosszúak, víztiszták, rajtuk uralkodólag a $(21\bar{3}1)$ szkalenoeder lapjai fejlettek, csúcsukat az alapromboeder apró lapocskái tompítják. A piroluzit üregeiben található, fehér, gömbös csoportokat alkotó, kissé görbült lapú 1—2 mm-es kristályegyéneket a $(21\bar{3}1)$ szklaenoéder, a görbült lapokkal szereplő $(10\bar{1}0)$ és $(12\bar{2}0)$ formák alkotják. Minőségi vizsgálataink szerint egyik kalcit sem tartalmaz, még nyomokban sem, mangánt.

A eplényi mangánérctelep érces ásványai tehát:

uralkodólag: piroluzit, járulékosan: manganit, kriptomelán, pszilomelán, limonit,

nem érces ásványok: kvarc (kalcedon, jáspis, hegyikristály), kalcit.

Papp F.-től említett braunitot megtalálnunk nem sikerült.

Az érctelep uralkodó elemei: O, Mn, Fe, Si, Al, K, Ca, H.

1%-on aluli mennyiségben: Ba, Na, Mg, P, C.

Csak színképanalitikailag kimutathatók: Sr, Rb.

Lábatlan

Lábatlan mellett, a Tölgyháti kőfejtőben, középső-liászkorú mészkőbe települve, *Vadász Elemér* mangánércnyomokat talált. Az érc eredetét és korát tekintve, az úrkútival és az eplényivel azonos.

A tömött, feketeszínű, rendkívül apró szemcsés ércben már szabadszemmel kivehetők egyes, durvábban kristályos részek, valamint lemezes kalcit betelepülések. Vékony metszetben jól látni az ércet lemezes kristályokban kiszorító kalcitot és az érc belsejében néhány, mm-es nagyságot meghaladó, az érc kiszorította barit-kristálykát.

Az érc jól csiszolható és fényezhető, az említett durvábban kristályos rész keményebb, mint az alapot képező finomszemcsés. Ércmikroszkóp alatt az alapanyag rendkívül finomszemcsés, anizotrop, benne jégvirágszerű piroluzit kristályhalmazok. A durvábban kristályos rész manganitnak bizonyult. Egyes,

a *c* kristálytani tengelyre közel merőleges metszeten igen jól látszik a manganit-kristályok karcsú csónak alakja. Jól észlelhető a pleochroizmus, igen élénk és jellemző az interferencia. HF az alapanyagot kissé elhomályosítja, barnásra színezi, a manganiton alig okoz észrevehető homályosodást. A tisztán manganit kristályokból álló zárvány alapanyaga, az elemzés tanusága szerint, manganit-piroluzit-pszilomelán elegye, benne kevés kalcittal és barittal (19. kép).

A vizsgált érc 3,14% baritot tartalmaz, az ezen felől levő Ba-mennyiség az alapanyag képzésében résztvevő pszilomelán molekulához tartozik.

Rendkívül érdekes, hogy az ércben igen apró, 0,1 mm-en aluli, bennőtt kristálykák és kristályos szemcsék alakjában kalkopiritet találtunk.

	Anal. 15.
MnO_2	52,30%
MnO	23,09
Fe_2O_3	0,34
Al_2O_3	1,57
P_2O_5	nyom
BaO	11,09
CaO	1,72
MgO	nyom
K_2O	0,06
Na_2O	0,68
CO_2	1,35
SO_3	1,07
H_2O-	0,44
H_2O+	6,04
SiO_2	0,83
	100,58%

Az elemzett ércmintában a réz még nyomokban sem volt kimutatható. Az üledék minimális réztartalmából keletkezett kalkopirit a manganittal szingenetikus.

Eger vidéke

Eger környékén, középső oligocénkorú agyag közé települve, gyenge mangánércnyomok fordulnak elő. Az általunk megvizsgált példányok Almagyar és Bátor melletti előfordulásokból származnak, anyaguk ásványtanilag meghatározhatatlan, agyaggal és vashidroxiddal szennyezett, feketeszínű gél. Elemzésük eredménye:

A nagyon gyenge »ércek« Mn tartalma 35,38%, illetve 12,53%. Az Almagyarból származó, ha a szennyezéseket leszámítjuk, majdnem tiszta piroluzit, a bátori manganitot is tartalmaz.

	Anal. 16. Almagyar	Anal. 17. Bátor
MnO_2	54,71%	8,56%
MnO	1,05	9,21
Fe_2O_3	3,62	18,67
Al_2O_3	3,50	12,83
P_2O_5	0,38	0,12
CaO	5,84	2,21
MgO	2,09	0,75
BaO	0,15	0,14
K_2O	1,28	1,69
Na_2O	1,28	1,85
H_2O-	6,54	3,41
H_2O+	10,49	7,35
SiO_2	9,54	33,08
	100,47%	99,87%

Mád

A mádi Dióshegy ma már lefejtett vasérce mellett, főképpen az egykori érctelep szélein, opálos-kvarcos anyagban foltokban piroluzit is fordult elő. A lelőhely egyik példányának elemzési adatai:

	Anal. 18.
MnO_2	37,72%
Fe_2O_3	3,06
Al_2O_3	2,85
CaO	0,74
MgO	nyom
P_2O_5	0,02
H_2O-	1,35
H_2O+	8,25
SiO_2	45,98
	99,97%

A zárványként előforduló érc tehát piroluzit.

1951. Szegedi Tudományegyetem Ásvány-Kőzettani Intézete.

IRODALOM

1. *Koch-Grasselly-Donáth:* Magyarországi vasércelőfordulások ásványai. Acta Mineralogica, Petrographica. Tom. IV. 1950. 15. o.

2. *F. Papp:* Examen microscopique des minerais metalliques de Hongrie. Bull. Soc. Franc. de min. 55. 1932. 93.

3. *Vitális I.:* Az úrkúti mangánérc. Bányászati és Kohászati Lapok. 1935. 18 sz.

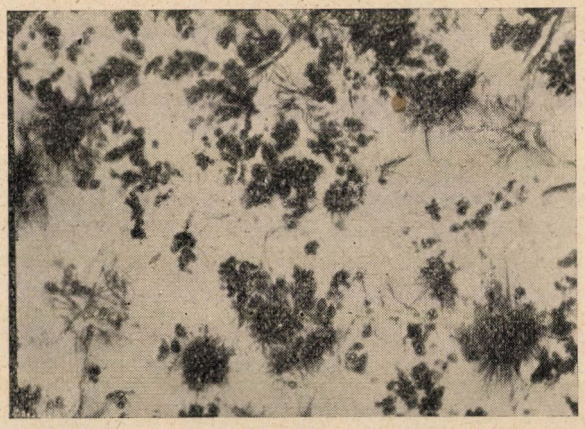
4. *Földvári A.:* A Bakony-hegység mangánérctelepei. Die Manganerzlagerstätten des Bakonygebirges in Ungarn. Földtani Közl. LXII. 1932. 15—40. o.

KÉPMAGYARÁZAT

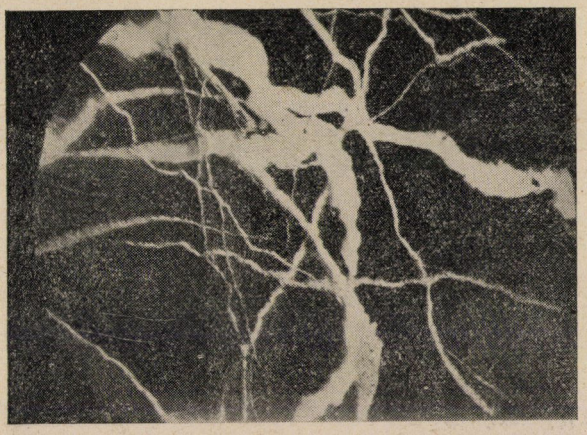
1. Fínom szálakból álló gömböcskék alakjában kiválott piroluzit jáspisban. Komlóska, ([N., 120 ×.] (áteső fényben)
2. Gumós érc. Lágy alapanyagban kristályos piroluzit erek. Hidrogénfluoriddal 20 mp-ig étetve. Úrkút, ([N., 45 ×] ráeső fényben).
3. Fennőtt manganit kristályok kalcedonban. Eplény, 45 ×. (ferdén ráeső fényben).
4. Fennőtt, eltört manganit kristály kalcedonban. Eplény, ([N., 138 ×] áteső fényben).
5. Bennőtt manganit kristályok kvarcban. Eplény, 100 ×. (ferdén ráeső fényben).
6. Kalcedon manganitot szorít ki. Eplény, ([N., 68 ×] áteső fényben).
7. Részben piroluzittá alakult manganit. Eplény, ([N., 110 ×] ráeső fényben).
8. Manganit, kevés tűcsoportok kalcedonban. Eplény ([N., 110 ×.] ráeső fényben).
9. Széthasadozott manganit-tűk kvarcban. Eplény, ([N., 150 ×.] ráeső fényben).
10. Fínomszálas manganit kvarcban. Eplény, ([N., 67 ×.] áteső fényben).
11. Manganit utáni piroluzit pszeudomorfózák fínomszálas alapanyagban. Eplény, + N., 120 ×. (ráeső fényben).
12. Szálas piroluzit jégvirágszerű csoportja. Eplény, + N., 90 ×. (ráeső fényben).
13. »Sejtes« piroluzit. Eplény, ([N., 45 ×.] ráeső fényben).
14. Kalcedon szferolitok piroluzitban. Eplény, + N., 128 ×. (áteső fényben).
15. Kalcedon szferolitok és rostos kalcedon piroluzitban. Eplény, + N., 150 ×. (áteső fényben).
16. Ritmikusan kiválott kvarc kalcedonszferolit körül. Eplény, + N., 128 x, (áteső fényben).
17. Manganit-kristályokat kiszorító rostos kalcedon. Eplény, + N., 69 ×. (áteső fényben).
18. Manganit kristályokat bezáró kalcedon, jáspis és kvarc. Eplény, +N., 34 ×. (áteső fényben).
19. Durván kristályos manganit zárvány fínomszemcsés piroluzit-manganit-pszilomelánban. Lábatlan, + N., 80 ×. (ráeső fényben).

Az előadáshoz hozzászólt:

ERDÉLYI J., KISS J.,
PANTÓ G., PAPP F.,
SZTRÓKAY K. I., TOKODY L.

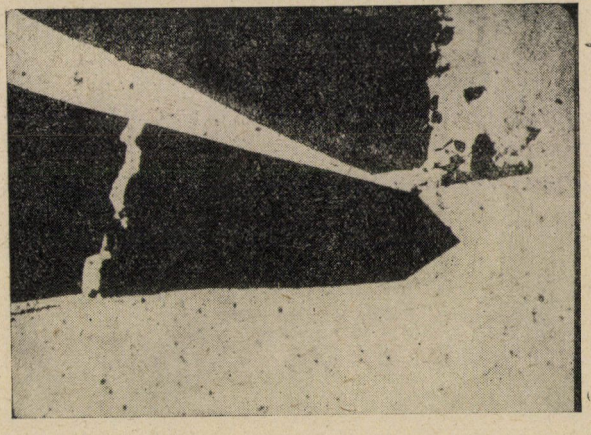


1. kép.

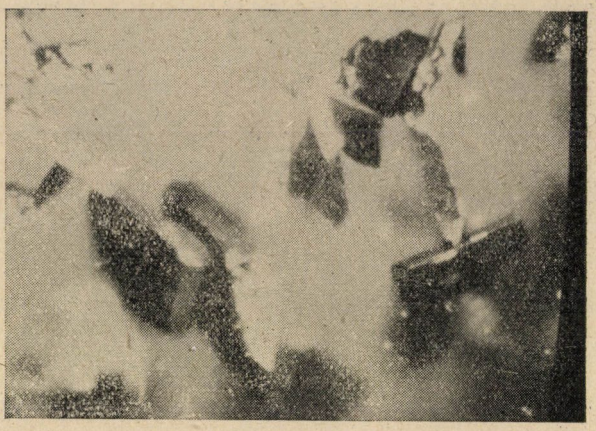


2. kép.

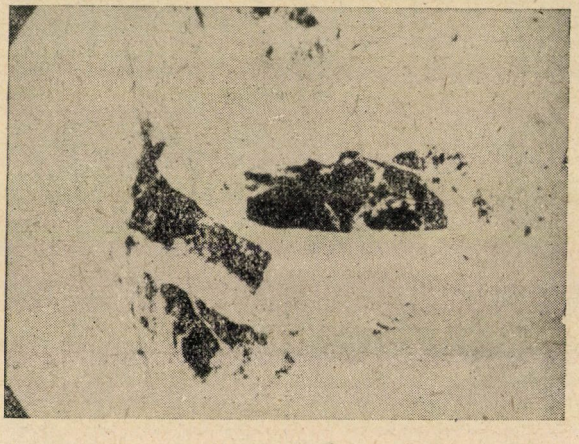
3. kép.



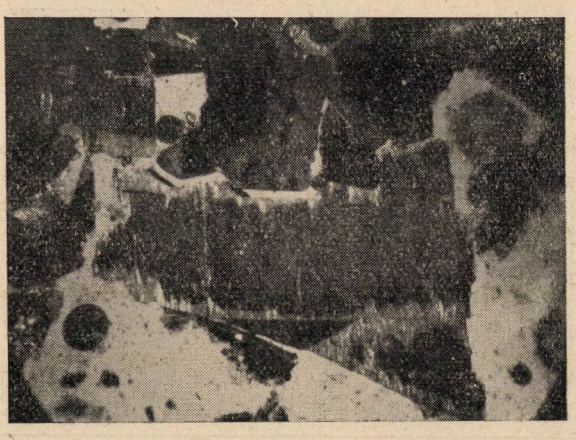
4. kép.



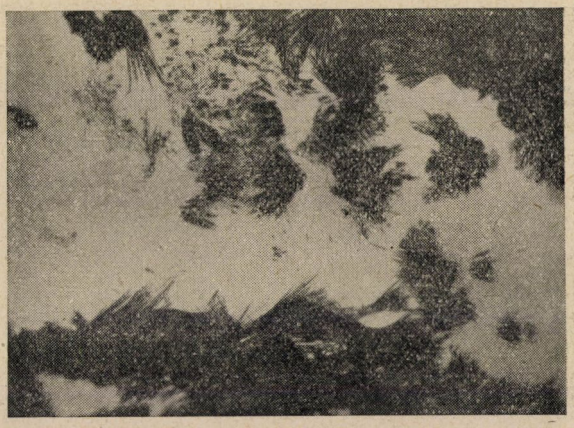
5. kép.



6. kép.

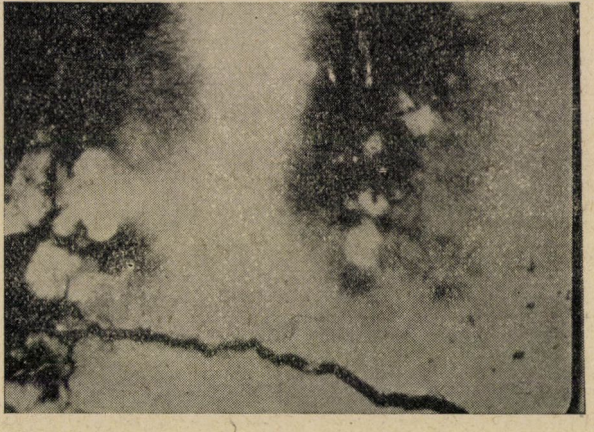


7. kép.

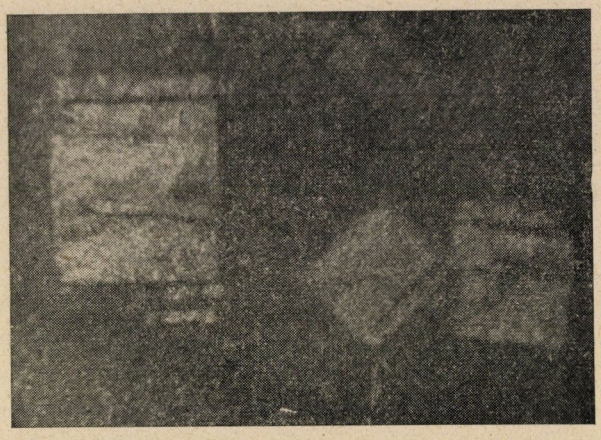


8. kép.

9. kép.



10. kép.



11. kép.

12. kép.

13. kép.

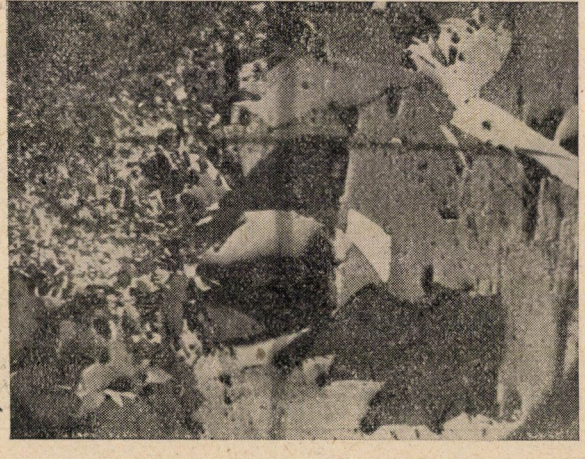
14. kép.

15. kép.

16. kép.

17. kép.

18. kép.



19. kép.

A BAKONYI MANGÁNÉRC RÉTEGTANI HELYZETE ÉS KUTATÁSI KILÁTÁSAI

IFJ. NOSZKY JENŐ
(Állami Földtani Intézet)

A bakonyi mangánbányászkodás aránylag újkeletű, bár a mangánérc-előfordulásokról többen is megemlékeztek. Az első, aki Úrkútról mangánásványt említ, *Böckh János* volt, aki a Bakony déli részének földtani viszonyai című értekezése II. részében a 20. és 41. oldalon emlékezik meg a Szentgálról Úrkútra vivő út melletti erdészlak közelében fekvő kút hányóján s az itt kezdődő árokban előbukkanó, illetőleg a Tótölő-árok nyugati lejtőjén, valamint az Újhuta átellenében a foraminiferás mészkő közelében található mangándarabokról. A mangántelepek feküjének a liász brachiopodás mészkövet tartja, fedőjéül pedig az eocén nummulinás mészköveket.

Böckh után hosszú ideig nem történik említés a bakonyi mangánércről, bár a mangántartalmú liászkőzetekkel *Vadász E.* és *id. Lóczy* is elég részletesen foglalkoznak, de a mangánércet figyelmen kívül hagyják. A bakonyi mangánérc gyakorlati felhasználását *Meinhardt* említi, aki 1917-ben az Úrkút község északi szélén kőszénkutatásra telepített I. sz. lejtősaknában, majd a Csárdahegyen föltárta a mangántelepet. A bányászkodás már 1917-ben megindult s főleg a Csárdahegyen külfejtéssel folyt. A kezdetben kézi válogatással könnyen nyert jobb érc elfogyásával a minőséget mosással igyekeztek javítani, de a mosómű vízellátására helytelen módon létesített völgyzárógát nagy kiadásai miatt állandóan ráfizetéssel dolgoztak s ezért az üzem hosszabb ideig, 1930-tól 1935-ig szünetelt, bár a Csárdahegyről a termelést az »Új«, ma Kossuth Akna területére helyezték át s mélyművelést vezettek be.

Az irodalomban *Meinhardt* közleményét *Terény*, *Marschalkó* összefoglalása követi. Néhány termelési adatot *Alliquander*, *Kallós* közleményeiben találunk.

1929. novemberében *Telegdi Roth Károly* szakvéleményezi az úrkúti ércvagyont és 2 fúrást ajánlott a terület további felkutatására.

1933. augusztusában *Rozlozsnik* adott szakvéleményt »Jelentés a gr. Zichy Béla úrkúti Bányamű Rt. mangánbányáiról« címen. Ebben az újaknai (Kossuth-akna) területen a régi fúrások ellenőrzésére 8 új fúrást javasol, míg a távolabbi területek megkutatására 100 m-es távolság esetén 30, 200 m esetén 15 fúrást is elegendőnek tart.

Részletesen foglalkozott a Bakony mangánérceivel 1933-ban *Földvári A.*, aki az úrkúti előfordulásokon kívül az eplényi mangánbányászatról is beszámol már. *Vitális István* foglalkozott újra az úrkúti mangánbányászat értékelésével, majd *Földvári A.* igyekszik tisztázni az eplényi mangánbánya földtani viszonyait. Részletes műszeres felvételi munka alapján foglalkozik a mangántelep feltárási lehetőségeivel *Vigh* és *Noszky*.

Legújabban *Szentes* 1945-ben és 1950-ben végzett vizsgálatokat az eplényi mangánbánya környékén, valamint ez évben magam is több alkalommal kerestem fel Eplényt és Úrkútot is az ott végzett újabb mangánfeltárások vizsgálata, valamint a mangánkészletek megbecsülése érdekében. 1950-ben részletes kutatási tervet készítettünk *Barnabás Kálmán* geológus társammal az úrkúti III. akna mezejének fúrásokkal való további megkutatására.

Az utóbbi munkálatok eredményei eddig nem kerültek a tudományos körök bírálata alá s az azok alapján végzett bányászati kutatási eredményekről sem értesültek a szakkörök, így a további kutatások érdekében fontos az újabb eredmények összefoglalása.

A bakonyi mangánbányászkodás 1917-ben Úrkúton indult meg. Mint általában történni szokott, itt is inkább a külszíni bőven elszórt anyag irányította magára a figyelmet s néhány kutatóakna lemélyítése után megkezdték a legkönnyebben hozzáférhető helyen, az Úrkút községtől északra, illetve keletre fekvő Csárdahegyen külfejtéses módszerrel a kitermelést. Az úrkúti bányaföltárásban az érctelep feküje brachiopodás alsó és részben középső-liász korúnak tekinthető, rózsaszínű, halványhúsvörös, részben tömött, részben erősen krinoidea és egyéb vázrésztörmelékből felépült kristályos szövetű kagylóstörésű tömött mészkő. A mangánképződmény a kőzet erősen karsztosodott, helyenként 20 m mélységű tőbreiben, illetőleg mélyedéseiben foglalt helyet. Erre vonatkozóan kevés adatunk van, 14 kutatófúrás és 6 kutatóakna jórészt fúrómesteri jelentés alapján készült rétegszelvényén kívül. A még látható keleti fejtésfalon is jól felismerhető rétegsora:

agyagos, törmelékes lösz	pleisztocén
nummulinás márga	
sárga agyag	
szürke márga	eocén
fekete szenes pala	
szürke márga	
barna agyag mangándarabokkal	
vörös agyag	liász mangánösszlet
mangántelep	
vörös brachiopodás mészkő	alsó-liász

A rétegsorrend vastagsága igen változó volt, egyrészt az eocéntagok teljesebb vagy hiányosabb volta, másrészt pedig a mangántelep változó vastag-

sága miatt. A nummulinás mészkő vastagsága 1—2 m-től 67,50 m-ig, a mangánösszlet 0,80—20 m-ig változott, míg a többi rétegtag vastagsága közel azonos maradt. A Csárdahegyen az ércképződményt az alsó eocénhez sorolható képződményösszlet fedi be. Rétegsorukban a transzgredáló alsó-eocén minden jellegét felismerhetjük, azonban a mangántelep és az eocén közötti határt ma már nem látni jól. Igen figyelemre méltó a 9-es fúrás közelében mélyített 10. sz. fúrás szelvénye is, ahol a jól kifejlődött mangánképződmény alatt újra eocént tüntetnek fel. Az eocént legnagyobbrészt már csak a humusszal keveredett lejtőtörmelék borítja, úgy hogy az ilyen rétegsort látva, a mangántelep korát az irodalmi adatok szerint mindenki eocénelőttinek, azaz paleocénnek tekintette, s a további kutatást is ezen az alapon folytatták 1936-ig, bár *Vadász* 1934-ben már rögzítette, hogy a I. akna területén a mangántelep fedője kétségen kívül krétakori képződmény.

A Csárdahegy mangánképződményétől némileg eltérő viszonyokat mutatott az irodalom szerint a bányaház melletti lejtősaknában feltárt rétegsor. Bár itt is látszólag eocén alatt mutatkozó mangántelepen indult meg a feltárás, azonban a vágat továbbhaladásával a rétegtani viszonyok erősen megváltoztak néhány méter után, az eocén teljesen elmaradt a fedőből.

Az úrkúti mangánbányászkodásban az ú. n. Újakna ma I. sz. akna lemélyítése és művelése 1936-ig különösebb rétegtani eredményt nem hozott. *Vigh* és *Noszky* által végzett részletes műszeres felvételek folyamán tünt ki, hogy a mangántelep feküje nemcsak a csárdahegyi alsó-liász mészkő, hanem a Rhynchonella urkutikás tűzkő réteges alsó-liász mélyebb tag is, illetőleg annak fehér lisztszerű kioldási maradéka. E vizsgálatok teljes mértékben igazolták a mangánkutatás kréta alatti települését. 1941-ben az Új, illetve I. akna továbbmélyítésével kapcsolatban a mangánösszlet feküjében felismerték a középső-liász rétegek előbukkanását s így igazolva látták a krétakorú mangántelep diszkordáns rátelepülését a különböző fekütagokra.

A rétegtani különbség tovább fokozódott a II. és III. sz. aknák telepítése, illetőleg művelése folyamán az azok területét kutató fúrásokban. Ezekben a külszínről sehol sem ismert rétegek kerültek elő s így a rétegsor tovább gazdagodott, bővült, anélkül azonban, hogy a mangántelep keletkezési idejét pontosabban sikerült volna megállapítani.

Az eplényi mangánbányának, illetve a külfejtésnek megnyitásával a mangánképződés idejének és a mangán rétegtani helyzetének tisztázása látszólag még jobban bonyolódott. Itt ugyanis a mangánösszlet szintén brachiopodás mészkő karsztosodott felületére települ, de a fedőjében ammonitás rétegsor s azon egy lemezes márgás rétegtag foglal helyet. Itt bonyolította a helyzetet, hogy az eplényi bauxitbányában a bauxitfedőben az úrkúti Csárdahegyhez hasonlóan eocén fedőtagok voltak s így szinte magától kínálkozott az a megoldás, hogy a bauxit és mangán egyidejű, de heteropikus faciesű képződmények. Ez a nézet üti rá bélyegét a továbbiakban azután az eplényi áttolódás magyará-

zatánál is, ahol a felső-liász-dogger rétegek a mangánösszlet fedőjében tektonikai helyzetűnek minősültek.

Mindezek a megoldások a bakonyi földtani térképezési munkám közben rétegtanilag nem voltak kielégítők. Különösen azért, mert nem adott magyarázatot az úrkúti 31-es, 35-ös, 36-os, 38-as, 41-es, 44-es, 46-os fúrások mintaanyagában majd a II. aknában is észlelt szürke, zöld, fekete, barna, lemezes, fehér pettyes márgák hovatartozandóságára, valamint az ezekkel kapcsolatos szürke tűzkőbeágyazásos mészkövek rétegtani helyzetére sem. Nem lehetett összhangba hozni az itteni rétegsort a hasonló képződményt tartalmazó eplényi Géza lejtaknai 3 szinti fővágatban észlelt hasonló pettyes szürke, fekete és barna márgával sem. A Bakony jurasorozatára vonatkozó megállapításaim szerint, ezek a rétegek a felső-liász posidonomyás tűzköves mészkővel voltak párhuzamba hozhatók, szingenetikus mangánképződéssel. A mangántartalmú teleprészben ugyanis a zöld-, szürke-, barna- és feketesávos lemezes, fehérpettyes márga is előfordult a vörös, sárga sőt néhol fehérszínű képlékeny mangánközti agyagban s így már akkor gyanú merült fel, hogy a képződmények egyidőben keletkeztek. Az 1949-ben megindított mangánkutatási munkák közben krétaidőszaki mangánképződés föltevésével középső-kréta rétegekben indítottuk meg a herendi I. sz. és az eplényi I. sz. és II. számú fúrásokat. A herendi I. sz. fúrás eredménytelenül fúrta át a középső-kréta rétegsort és 43·1 m mélységben az alsó-krétába jutott. Mivel a jura és főleg a liász rétegsorban ott nagyobbtömegű mangánfölhalmozódásra a vastagabb felső-liász lemezes tűzköves mészkő és márgacsoportot helyettesítő kb. 40 m vastag felső-liász sötétvörös mészkőrétegen belül nem számíthattunk, a fúrást befejeztük. Más volt azonban a helyzet az eplényi I. sz. fúrásnál, ahol középső-krétát harántolva szintén nem mutatkozott mangánfelhalmozódás. Ezt a fúrást tovább vittük annak vizsgálatára, hogy a felsőliászban feltételezett mangántelepig milyen vastagságú rétegsorral kell számolnunk. A malm és felső-dogger várt rétegsorrendje alatt azonban olyan rétegsort tárt fel a fúrás, ami az eplényi mangánbányában feltárt mangános rétegsorhoz nem hasonlított. Kristályos, gumós, lemezes, néhol kissé agyagos tűzkőközbetelepüléses mészkőcsoport következett a helyén itt-ott szórtan elhelyezkedő mangánszemcsékkel s ezek alatt posidonomyás mészkőcsoport mangánnyomokkal a fúrástalpig terjedő hierlatzszerű mészkőrétegek közt. A bányában látható igazi feküt 201 m-ben érték el alsó-liász brachiopodás mészkő formájában.

Az időközben megindított II. sz. fúrásban az alsó-eocén foszlány alatt a középső-krétán és alsó-krétán kívül az ismert bakonyi malm és felső-dogger alatt a középső és alsó-dogger rétegeket és a felső-liászt is harántolva bele jutottak a fehérpettyes, márgás, agyagrétegen át a mangános képződménybe s azon áthaladva a fekü liász-mészkőben álltak meg. Ezzel bebizonyosodott az eplényi mangánösszletnek nagy vastagságban feltárt agyagos, márgás, lemezes képződménnyel teljesen azonos volta. Különös az, hogy az eplényi III. sz. fúrás a két megelőzőtől, de a későbbiektől is eltérő rétegsort harántolt, jeléül annak, hogy

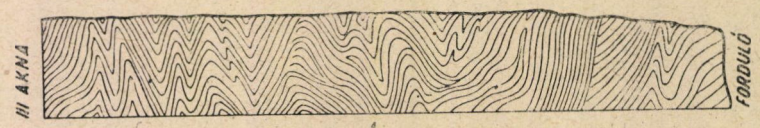
egészen kis távolságon belül is milyen nagy facies-eltérés lehetséges. A IV. sz. fúrásban a rétegsorrend a II. fúráshoz viszonyítva szabályosnak mondható, de a mangántelepet megütni nem sikerült, mert a vetődések miatt a rétegsor megismétlődött s bár a telepfedősor is ki volt fejlődve, az érces teleprész átfúrása mégis elmaradt.

Különleges rétegsort tártak fel az V. számú fúrásban is, ahol 1 m-nél vastagabb mangánércet sikerült harántolni. A VI. és a VIII. számú fúrás rétegsora megfelel a II. számú fúrásnak, azzal a különbséggel, hogy a lemezes, pettyes agyagos rétegcsoport alatt az érctartalmú mangános képződmény nem fejlődött ki. A VII. számú fúrás annyiban okozott meglepetést, hogy a fedő miocén kavicsos rétegsor alatt a fedő jurarétegsor teljes hiányával közvetlenül a mangános értelepes képződmény következett. A IX-es fúrásban miocén kavicsos rétegsor alatt már az érctelep teljesen hiányzott, miocén lepusztítás következtében. A X. számú fúrást eocén fedőrétegben időlegesen leállították, mert a fúróberendezésre máshol volt sürgősen szükség. Az eplényi mangánbányászat megindításakor lefúrt 5 kismélységű fúrás kőzetmintái hiányoznak, rétegtanilag nem voltak vizsgálhatók. Valószínűleg a XXII-es kivételével mind a fedőben állott meg, mivel a rétegsort nem ismerték eléggé.

Az eplényi mangánösszlet és fedőrétegösszlet rétegsor a bányaföltárások és a környező fúrások anyagvizsgálata alapján az alábbiakban foglalható össze a vastagságok megjelölésével.

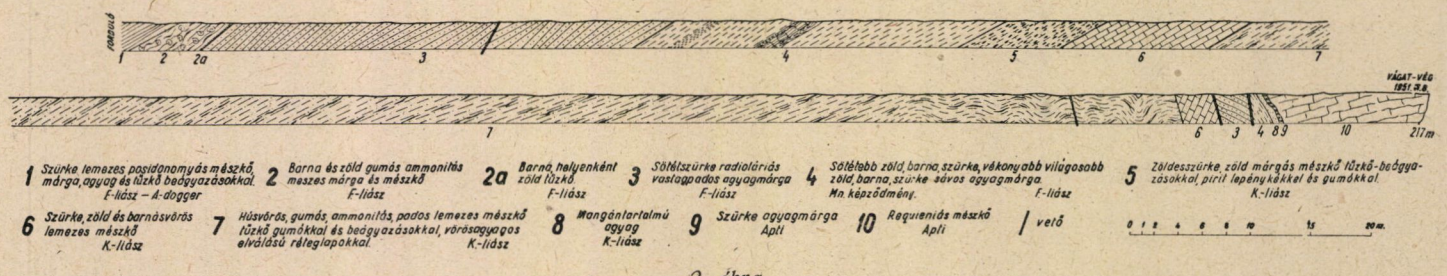
?	Lösz és lejtőtörmelék	Pleisztocén
cca 75,00 m	Kavics és konglomerátum	Miocén
cca 35 m	Agyag, tufás agyag	Felső eocén
cca 30 m	Homokos durvamészkő, homokkő, homok, szenes pala és agyag	Alsó eocén
cca 40 + 40 m	Mészkő és agyag	Középkréta
?	Mészmárga és mészkő	Alsó kréta
cca 20 m	Fehér, rózsaszínű és húsvörös mészkő tűzkő-beágyazásokkal	Felső malm
cca 50—70 m	Radiolináris mészmárga tűzkő padokkal és beágyazásokkal	Alsó malm felső dogger
cca 5—20 m	Lemezes márgás mészkő	Magasabb középső dogger
cca 10 m	Agyagos gumós ammonitás mészkő	Mélyebb középső dogger
cca 10—25 m	Lemezes márgás mészkő tűzkő beágyazásokkal	Alsó dogger
cca 10—15 m	Posidonomyas lemezes tűzköves agyagos gumós mészkő	Felső-liász magasabb rész
cca 10 m	Orbulinás, pettyes agyagmárga és lemezes agyag	Felső-liász mélyebb rész
változó 0,2—6 m	Mangántartamú rétegek	F.-liász—k.-liász határ
?	Csárdahegyi típusú brachiopodás mészkő	Középső liász

Az úrkúti rétegsor a 84 megvizsgált fúrás, a 3 akna és aknamező, valamint a külszíni földtani megfigyelések alapján az alábbinak adódnék. Itt döntő volt a III. aknai új főkeresztvágatban és a zsompvágatban harántolt felső-liász ammonitás réteg, amely a szelvényekben feltüntetett rétegtagok beosztását lehetővé tette (l. 1. és 2. számú ábrát).



1. ábra

A III. aknai főkeresztvágat rendezői részének földtani szelvénye



2. ábra

A III. aknai főkeresztvágat földtani szelvénye a fordulótól

A rétegsor az alábbi:

? max.	15,60 m	Lösz és lejtőtörmelék	Pleisztocén
? «	76,5 «	Nummulinás mészkő	Középső eocén
? «	19,96 «	Nummulinás és milioideás márga, meszes agyag, homok márga, szénpala	Alsó eocén
? «	124,00 «	Mészkő, márga, agyag	Középső kréta
? «	136,00 «	Lemezes, tűzköves márgás agyagos közbetelepüléses mészkő posidonomyákkal	Alsó dogger
	3,16 «	Gumós agyagos márgás mészkő alsó határán barna zöldbevonatos tűzkőpaddal	Felső liász
? max.	36,30 m	Vékonyan, lemezes sávos változékony színű agyagos márga és agyag orbulinákkal	Felső liász
? «	30,95 «	Mangán, változékony színű agyagos közbetelepülésekkel	Felső liász
? «	26,20 «	Márgás mészkő és márga közbetelepült vékony krinoideás mészkőpadokkal	Középső liász
?	20 m	Agyagos, gumós, pados mészkő tűzkőbeágyazásokkal, ammonitákkal	Középső liász
?	60—80 m	Brachiopodás hierlatz mészkő	Alsó középső liász
?	20—50 m	Rhynchonella urkuticás tűzköves mészkő	Alsó liász
?	15—35 m	Tűzköves krinoideás brachiopodás mészkő	Alsó liász
?		Dachstein típusú liász mészkő	Legalsó alsó liász

Az itt közölt rétegsor vastagsági adatainál az átlagvastagság jóval kisebb. A különböző kőzetrétegek színe egy-egy rétegen belül is igen változó.

Meg kell emlitenem azonban, hogy bár Úrkút közvetlen környezetében az alsó-doggernél fiatalabb jura és alsó-kréta képződmények nem bukkannak elő s a fúrások sem mutattak ki még ilyen fiatalabb jura-képződményeket, ezért azokra figyelemmel kell lenni, mert nem nagy távolságban a Kakastarajon és a szentgáli Tűzköveshegyen megtalálhatók. Annak a felismerésnek, hogy a mangántelepek mind Úrkúton, mind Eplényben nem az alsó-krétához kapcsolódnak, hanem a jurán belül a felső-liászban szingenetikus módon keletkeztek, a további mangánkutatás szempontjából igen nagy jelentősége van, mert a Bakony jóval több pontján remélhetünk mangánt, ott ahol a felső-liásznál fiatalabb dogger és malm tagokon kívül, az alsó-, középső- és felső-kréta alatt mangántartalmú rétegek várhatók. Természetesen azokat a területeket is számon kell tartani, ahol a harmadkori környezetben előbukkanó mangánfedő mezozóos tagok egyike is előbukkan, vagyis a kutatási terület magában a Bakonyban is igen megnövekedett, nem is szólva arról, hogy a Vértesben is mutatkozott mangánnyom s hogy a Gerecsében is vannak mangántartalmú felső-liász rétegtagok.

A további bakonyi mangánkutatásoknál rétegtanilag az alábbi rétegszelvényt állithatjuk össze:

Lösz és lejtőtörmelék	Pleisztocén
Kavics és konglomerátum	Miocén
Agyag, tufás agyag, márga	Felső eocén
Nummulinás mészkő és márgás mészkő	Középső eocén
Miliolideás és nummulinás márga, meszes agyag, szenes pala és márga, homok, homokkő	Alsó eocén
Márga, mészkő, széntelepes képződmények, agyag	Felső kréta

Márga, mészkő, tarka agyag	Középső kréta
Mészmárga, mészkő néhol tűzkőbeágyazásokkal	Alsó kréta
Márgás mészkő és mészkő tűzkőközbetelepülésekkel	Malm
Radioláriás meszes márga tűzkőbeágyazásokkal	Alsómalm, felső dogger
Lemezes, gumós, agyagos, néhol krinoideás mészkő	Középső dogger
Lemezes posidonomyas tűzköves és gumós ammonitás agyagos mészkő	Alsó dogger
Gumós, agyagos, tűzköves és lemezes márgás mészkő, vékonyréteges agyag és agyagmárga	Felső liász
Mangánösszlet	Felső liász
Pados, gumós, tűzköves ammonitás rétegek	Középső liász
Brachiopodás, krinoideás mészkő	Középső liász mélyebb rész
Rhynchonella urkuticás tűzköves mészkőrétegek	Alsó liász
Tűzköves krinoideás brachiopodás mészkőrétegek	Alsó liász
Tömött, tűzköves Rhynchonellás rétegek	Alsó liász
Dachsteini típusú tömött mészkövek	Alsó liász

Az úrkúti és eplényi szelvények összevetéséből az tűnik ki, hogy ott a felső kréta, a középső-eocén rétegtagok hiányoznak a terület felépítésből, míg Úrkút közvetlen környékén a középső-, felső-dogger, a malm és alsó-kréta rétegeken kívül még a miocén kavicsokat sem találjuk meg.

A Bakony területén annak tisztázása, hogy a mangánkeletkezés tengerben történt s a felső-liászhoz van kötve, rétegtanilag igen fontos. Megdől ezzel a bauxit- és mangánkeletkezés egyidejűségének elve. Hogy a mangán tengerben keletkezett képződmény, azt bizonyítja az a pár laposra préselt Harpoceras-féle, ami régebben az eplényi mangánfedő orbulinás lemezes agyagmárgából s most a fúrási magvakból kikerült. E rétegben a sok apró halfog és pikkely mellett egy Posidonomyát is találtam. A bányászat közben szenesedett és kovásodott fatörzsek is kerültek elő. A fatörzsek szerepe külön magyarázatra szorul, bár áramlásokkal történő szállítással belekerülhetett a mangános teleprészek közé.

Az Eplény környéki és az úrkúti fúrások is arra figyelmeztetnek azonban, hogy egészen közel fekvő s azonos rétegsorrendi helyen keletkezett képződmények egészen eltérőek lehetnek. Az eplényi V. sz. fúrásban a mangánréteg krinoideás mészkőben halmozódott fel, ugyanakkor amikor a II. sz. fúrásban az orbulinás márga a mangánt bezáró kőzet. A mangánkeletkezés egyidejűségét az eplényi III. sz. fúrás rétegsorában a krinoideás brachiopodás mészkőben ugyanakkor csak sűrűbben mutatkozó apró fekete mangánszemcsécskék jelzik, mert a kőzetkeletkezés helyi viszonyaiban ott az előző időkhöz mérten jelentősebb változás nem állott be, az elboríttatás azonos mélységű maradt. A bakonyi általánosnak tekinthető mangánkeletkezési szintben azért a helyi viszonyoknak megfelelően nem mindenhol keletkezett müre való mangántelep, de éppen az, hogy a mangánosodás általánosan mutatkozik, kötelez bennünket arra, hogy a rétegtanilag azonos helyzetű szinteket megkutassuk, hogy e nagyipari szempontból igen fontos üledékes eredetű bányakincset minél nagyobb tömegben a napvilágra hozhassuk.

A mangánkutatás további lehetőségei tekintetében a Bakonyban 1930 óta végzett kutatásaim alapján rétegtanilag állíthatom, hogy a szentgáli Tűzköves-

hegy nyugati oldalán a malm és középső-dogger rétegek alatt megvannak a posidonomyás felső-liász rétegek, tehát itt a mangánösszlet szintje nem nagy mélységben elérhető. Mélyebben, de még elérhető mélységben várható a mangánképződmény a Kakastaraj-gerinc környékén, ahol a felső-malm aspidocerasos mészkőcsoport feküjében a radioláriás tűzköves márga nagy területen bukkan elő, és az ammonitás középső-dogger agyagos mészkő is előbukkan a környezetben.

Igen fontos kutatási területnek jelölhető meg a Papodhegy előterében a Mohoskő sziklákkal szemben levő hegyoldal, ahol a felső-liász posidonomyás lemezes mészkő törmeléke elég nagy területen bukkanik elő és környezetében a magasabb juratagok (az alsó-malm—felső-dogger radioláriás tűzköves márga és vékony felső-malm mészkő) is megvannak. Kutatási területnek tekinthető a Büdöskút puszta és a lókúti erdőszegély közötti terület is, ahol a középső-dogger ammonitás szint a felszínre bukkan. Itt is aránylag kis mélységben lehet a mangán rétegtani szintjét föltárni.

Kutatni kellene a zirci Bocskorhegyen, a borzavári Páskomtetőn és a Szépalma puszta melletti Halamá és Hajagos hegyen, a Levélkúti árok torkolata előterében, a palihálási új major mellett, sőt az olaszfalui Eperkéshegyen is, mert ezeken a területeken is megtalálni a titon, felső-malm, dogger vagy felső-liász rétegek előbukkanását úgy, hogy a mangántelepcsoport feküjét képező csárdahegyi típusú brachiopodás mészkő szintén megtalálható a környezetben.

Valamivel kedvezőtlenebb körülményeket találunk a Herend és Szentgál határához tartozó Fekete- és Gyöngyöshajagok környékén. Itt a malm és dogger rétegtagok elég nagy elterjedésben megvannak a felszínen, azonban a felső-liász posidonomyás mészköves rétegek nyomát nem látni s így könnyen lehet, hogy arra a Kőröskúti árokban csak kb 40 cm vastagságban kifejlődött vörös agyagos mangángumós felső-liász mészkő fejlődött ki. A szentgáli Tűzköveshegy keleti részén is ilyen kedvezőtlenebb esetre kell felkészülnünk.

Még kevesebb reményt nyujt a rétegtani felépítés a Csernyei Tűzköves árok környékén. Itt az alsó-dogger alatt vörös, alig pár dm vastag felső-liász fordul elő s alatta majdnem hasonló a középső-liász képződmény is. Mangánkutatásra számításba vehető Sümeg környéke is, ahol a felső-dogger radioláriás márga és a malm aspidocerasos rétegeken kívül megvan az alsó-liász brachiopodás és cephalopodás mészkő is, azonban a középső- és felső-liásznak és az alsó-doggernek nem látni nyomát. Lehetséges, hogy itt nagyobb üledékképződési hézaggal kell számolnunk.

Meg kellene kutatni a Vérteshegységben a móri Antalhegy és Csókahegy környékét is, mert itt a gerincúton elég sok mangántörmelék mutatkozott a tűzköves lőszös törmelékben. Ehhez a Csókahegy rétegtani részletvizsgálatára van szükség.

Mint láthatjuk, a Bakony területén a mangánkeletkezés idejének helyes felismerése a mangánkutatás számára széles kilátásokat nyitott. Az eddigi mangánkutatási munkák szorosan csak a már művelés alatt álló mangánbányá-

hoz kapcsolódtak, azok fejtési mezejének kibővítése céljából. A jura fedőrétegösszletben mutatkozó tűzköves rétegek átfúrása műszaki nehézségeket és többköltséget okoz. Éppen ezért különlegesen erős fúróberendezést is igényel. Megesett, hogy egy-egy vastagabb, tömörebb tűzkőzsinórt hetekig fúrtak át, mert a napi teljesítmény a kovakeménységű anyagban sokszor csak két-három cm volt. A meglevő bányák továbbfejlesztése érdekében is szükség van kutató fúrásokra, amelyeket ilyen értelemben tervszerűen kell telepíteni.

Nemzetgazdaságilag azonban fontos feladat az említett kutatási lehetőségek kihasználása s a rétegtanilag kedvező helyek felfúrása. Itt lehetőleg arra kell ügyelni, hogy azokon a pontokon indítsuk meg a kutatófúrásokat, ahol a gazdag tűzkőtartalmú felső-dogger és malm rétegtagok már hiányoznak vagy vékonynak látszanak már.

A kutatási programmban tehát az egyes bányamezők bővítését célzó úgynevezett üzemi fúrási tevékenységet élesen szét kell különíteni az új területek feltárását célzó felderítő kutatófúrásoktól. Az ilyen berendezéseket különlegesen kell felszerelni, állandó helyszíni földtani ellenőrzés mellett személyzetüket a különleges feladatnak megfelelően ki kell oktatni, hogy a fúrástechnikai feladatokon kívül, a földtani követelményeket is jól ismerjék, tudjanak pontosan mintát venni s azokat helyesen is kezeljék.

A juraüledékképződés bonyolult facies viszonyai miatt a fúrási minták egyidejű, mindenre kiterjedő teljes földtani vizsgálatára van szükség, ami a bakonyi jura régóta vajúdó korszerű anyagfeldolgozását is nélkülözhetetlenné teszi.

IRODALOM

Alliquander Ödön: Magyarország bánya- és kohóipara az 1912—1926. évben, I. rész pp. 28. 1931.

Földvári A.: A Bakony-hegység mangánérctelepei. Földtani Közlöny, LXII. köt. pp. 15—40. 1933.

Földvári A.: Az epplényi áttolódás a Bakony-hegységben. Földtani Közlöny, LXX. köt. pp. 176.

Kallós J.: Gazdasági, pénzügyi és tőzsdei kompassz az 1934—1935. évre, X. évf., III.—IV. köt. pp. 756. 1934.

id. Lóczy L.: A Balaton környékének geológiai képződményei. Balaton monográfia. I. kötet, I. rész, 1913.

Marschalkó B.: Az úrkúti mangánérc előfordulása és jelentősége. Magy. Mérnök és Építész Egylet Közlönye Havi Füzetei, III. évf. opp. 23—28. 1926.

Meinhardt W.: Das Manganlager bei Úrkút in Ungarn. Stahl und Eisen, 41. Jahrgang pp. 1117—1118. 1921.

Terény J.: A mangánkérdés a világháborúban. Bányászati és Kohászati Lapok. LVIII. kötet, p. 262. 1925.

Vadász E.: A déli Bakony jura rétegei. Bal. monográfia. I. köt., I. rész, Pa. függ III. köt. IX. pp. 16—23. 1911.

Vadász E.: Das geologische Alter des transdanubischen Bauxitbildung. Centralblatt für Miner. etc. Abt. B. pp. 429—443.

Vígh Gy.: — ifj. Noszky J.: Előzetes jelentés az úrkúti mangánbánya környékén végzett földtani vizsgálatokról. Földtani Intézet Évi Jelentései az 1936—38. évekről., pp. 225—234. 1941.

Vitális I: Az úrkúti mangánérc. Bány. és Koh. Lapok, 1935. pp. 2—15.

A GYÖNGYÖSOROSZI MAGMADIFFERENCIÁCIÓ ÉS ÉRCKÉPZŐDÉS

PANTÓ GÁBOR
(Állami Földtani Intézet)

A Mátra eruptív tömegének képződményeit kőzettanilag és földtanilag a kutatók eddigi munkájából jól ismerjük *(Mauritz, Noszky)*. A hegység egészét tekintve, átnézetünk van az eruptív tömeg fejlődéstörténetéről és átlag differenciájáról is *(Vendel)*. Mindezekből, főleg *Vendel* és *Szádeczky-Kardoss* kutatásai alapján, általánosságban az ércképződés lehetőségei is megítélhetők.

A gyakorlati bányász azonban ezzel nem érheti be ; számára az érckutatás irányításához olyan részletadatok szükségesek, amelyekből esetleg az ércesedés térbeli elhelyezkedésére, kiterjedésére is következtetni lehet. A hegységet, illetve hegységrészt tehát valósággal nagyító alá kell venni. Figyelemmel kísérni és nyomozni kell a kőzetkifejlődés és kőzetátalakulás árnyalati fajtáit és azoknak az ércesedéssel való összefüggését. Ezt a célt szolgálták részletes bányaföldtani felvételeim Recsk, majd Gyöngyösoroszi környékén, amelyek között *Mezősi* újabb felvételei teremtenek kapcsolatot, pontosabb kőzettani képet adva a hegység — eddigiek szerint — ércre meddő szakaszáról.

A gyöngyösoroszii teléres ólom-cinkércelőfordulás — mint régóta tudtuk — piroxénandezitben jelenik meg ; az érc mellékkőzetét a Mátra főtömegét alkotó »bazaltos« piroxénandezittel azonosítottuk. Annál meglepőbb volt, hogy az újabb bányaműveletek egészen különös kifejlődésű és rendkívül érdekes módon elváltozott andezitfajtákat tártak fel. Az 1949-ben előkerült típusokat részletesen *Koch* és *Mezősi* ismertettek. Az erősen zöldkövesedett kőzetben szabad szemmel beágyazást találni alig lehetett. Mikroszkóp alatt is csupán folyásos elrendeződésű, néhány μ-os ép földpátlécek voltak felismerhetők ; színes elegyrész kiválásának nyomára sem lehetett bukkanni. Mindez nem írható a kőzetelváltozás számlájára, hanem azt bizonyítja, hogy a gyöngyösoroszi ércelőfordulás környezetében — eredetileg is — a »bazaltos« piroxénandezittől lényegesen eltérő andezitfajták képződtek.

Az altáró első szakaszán a színes elegyrésznélküli kőzet érdekessége még, hogy egyes, bizonytalan határú részleteiben sűrűn vannak különböző nagyságú és alakú, változatos (klorit, pirit, kvarc, kalcit, fluorit) ásványkitöltésű mandulaüregek. Az üregek olykor a folyási irányoknak megfelelően rendeződnek, kialakulásuk tehát megelőzte a kőzet teljes megszilárdulását.

A bányabeli és bányakörnyéki vizsgálatok során kitünt, hogy hasonló, színes elegyrésznélküli, kevéssé kristályos, kiegyensúlyozatlan és többnyire erősen elváltozott andezitképződmények az ércesedés közvetlen környezetében meglehetősen elterjedtek. Ezek a rendkívül változatos, egységesen alig jellemezhető andezitfajták — a bányafeltárások szerint — nem alkotnak nagyobb összefüggő tömegeket.

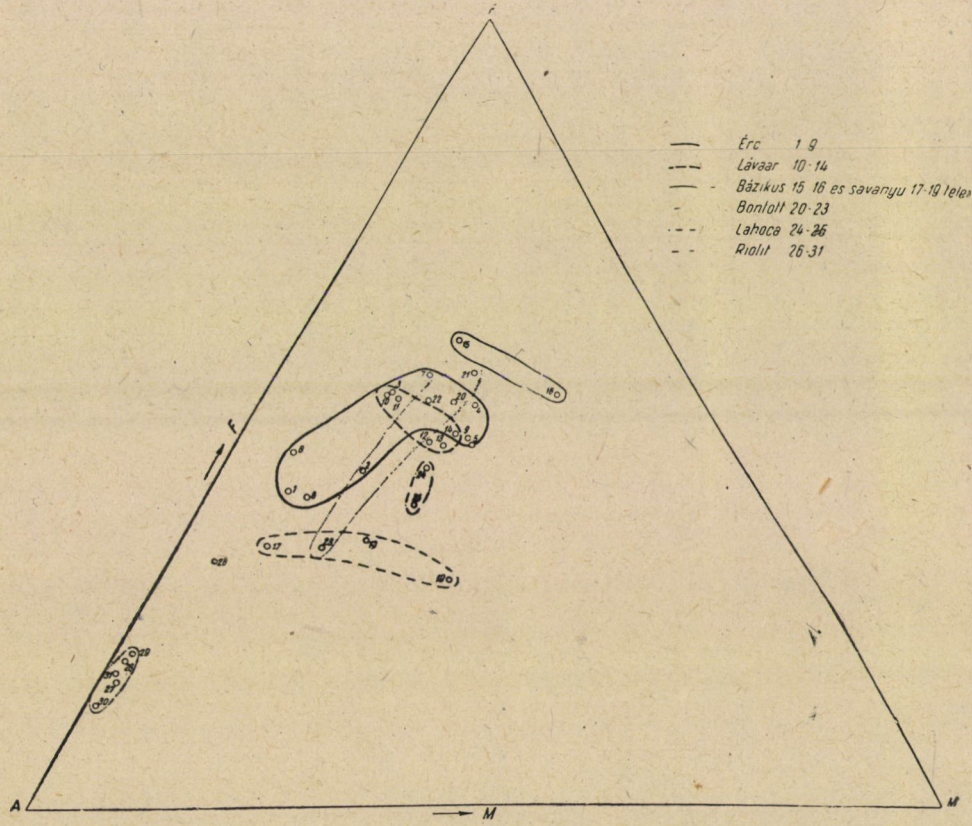
Kibuvásban a színes elegyrésznélküli andezit tömött, szinte üveges külsejű, zöld, vöröses, ibolyás, szürke sávozott és foltos, fluidális, örvénylő, vagy szabálytalan rajzú, kevéssé zöldkövesedett fajtái a leggyakoribbak. Az erősen elváltozott, különösen a hólyagos kifejlődésű részeket vastag nyiroktakaró fedi. A terepen annyi állapítható meg, hogy a színes elegyrésznélküli andezit kisebb tömegeit aprószemcsés hipersztén-augitandezit veszi körül, szövi át. A kétféle andezit megtalálható egymással mindenféle arányban, eresen, zárványosan keveredve. A zárványosság teljesen kölcsönös, így a kétféle andezit korviszonyát nem dönti el. Összeolvadásra, fokozatos átmenetre is találunk példát, mint ahogyan az aprószemcsés piroxénandezit is fokozatosan megy át az azonos ásványi összetételű, de kristályosabb, nagyobb beágyazásokat tartalmazó »bazaltos« mátrai andezitbe. A hibrid típusokban ritkaságként amfibol és biotit jelenik meg.

Az aprószemű, helyenként zöldkövesedett piroxénandezit felszíni elterjedése, benne a színes elegyrésznélküli andezit zárványaival és önálló szigeteivel, csaknem pontosan kijelöli a gyöngyösoroszi érckutatás területét. Mindazoknak a teléreknek a kibúvása, melyeken eddig bányászat vagy kutatás folyt, ezen belül esik. Nem tudjuk pontosan, hogy számottevő ércesedés ezt a határt nem lépi-e túl, de a »bazaltos« andezitre eső távoli kvarcitkibúvások inkább meddő kovásodásnak tűnnek, mint teléranyagnak.

Lehetséges az is, hogy a Mátra csúcsait borító hatalmas »bazaltos« andezit lávaárak alatt az aprószemű, »üveges«-zárványos andezit továbbnyúlik, mert kisebb foltokban — számottevő ércesedés nyoma nélkül — a Mátra északi oldalán (Nagylipót, Köszörűs p.) is megjelenik a felszínen. Gyöngyösoroszi esetében indokolt okszerű összefüggést feltennünk az érc és az aprószemű, zárványos, hibrid andezit együttes megjelenése között. Ennek az összletnek rendkívül változékony, szeszélyes kifejlődése a kőzetképződés kiegyensúlyozatlan, normálistól eltérő körülményeire vall. Az igen nagy gáztartalmú láva andeziteknél teljesen szokatlan mandulakövek képzését hozta létre. Mindez az andezitet szolgáltató magma fokozottabb differenciálódásával, magmamaradék jelentősebb felhalmozódásával járhatott együtt, tehát feltehetjük, hogy benne olyan tényezők szerepe tükröződik, mely egyszersmind az érc képződését is szabályozta.

Ha a mátrai magmadifferenciálódás elágazó törzsfáján az ércképződés közelebbi »rokonságát« meg akarjuk állapítani, az elkülönülési folyamatok menetéről pontosabb képet kell rajzolnunk. A kőzettan ezen a területen csak feltevésekre építhet, melyek csak addig tarthatók, vagy alkalmazhatók, amíg

a tapasztalati tényekkel összhangban vannak. A differenciálódás főokának ma általában a kristályosodást — ezzel kapcsolatban a kristályos fázis és olvadék elkülönülését — tartják. Hatalmas, jól feltárt eruptív tömegek beható vizsgálata *(Wager—Deer, Fenner, Cornwall, Hotz)* módot nyujtott a kristályosodási elkülönülés során kialakuló kőzetfajták pontos időrendjének megállapítására és az egymásutáni kőzetkiválások vegyi összetétel-eltolódásainak az egész kihűlő magmatömegre vonatkoztatott kvantitatív értékelésére. A differenciálódás kémiai változásai legszembeötlőbben *FMA* (összes vastartalom FeO-ra számítva, MgO és $Na_2O + K_2O$) háromszögdiagrammban ábrázolhatók. Részletesen megvizsgált differenciációs sorok vetületeit ebben a diagrammban az *M* csúcs felől *F* felé emelkedő, majd éles könyökkel az *A* csúcs felé hajló görbe jellemzi. A bázikus szakaszon az elkülönülés iránya vasban dúsuló, amit a bazaltokban talált, az egykori maradékolvadékot képviselő magnetites üvegzárványok is igazolnak. Az áthajláson túl a közepes és savanyú kőzetek felé az elkülönülés iránya vasban szegényedő, ennek megfelelően az andezitek általában — a gyöngyösorsziak különösen gyakran — a kristályos fázisnál savanyúbb, Fe- és Mg-szegényebb, üveges zárványt tartalmaznak.



1. diagramm

A diagrammban felhasznált értékek

Kőzet	Összes vas FeO-ban	MgO	Na_2O+K_2O	Elemző	Lelőhely	Forrás
1. Színes e. nélk. andezit	4,28	0,89	5,43	*Nemesné*	Gy.oroszi Szomor p.	10
2. »Hibrid« andezit	5,60	2,00	5,38	«	« « « «	10
3. Üveges andezit	8,65	2,40	5,39	«	« « Malombérc	10
4. Zárványos andezit	7,54	3,46	3,66	«	« « Altáró 1080 m	10
5. Biotitos pir. andezit	7,05	3,91	4,28	«	« « « 900 m	10
6. Biotitos hipersztén andezit ...	5,58	0,84	5,91	«	« « Cserepestető	10
7. Színes e. nélk. andezit	7,75	2,40	3,96	*Grassely Gy.*	« « Altáró 160 m	4
8. Zöldköves pir. andezit	4,16	1,08	5,33	*Donáth É.*	Parádsasvár, Nagylipót	7
9. Színes e. nélk. andezit	6,45	3,41	3,84	*Nemesné*	Gy.oroszi Altáró 1080 m	10
10. Piroxén andezit	7,37	1,86	4,79	*Mauritz*	Jobbágyi	5
11. « «	7,20	2,00	4,62	«	Recsk, Bónahalom	5
12. « «	6,68	3,05	4,92	«	Lőrinci	5
13. « «	7,49	3,64	5,06	«	Szurdokpüspöki	5
14. « «	7,49	3,64	4,58	«	Gyöngyöspata	5
15. « «	6,80	2,02	2,60	*Donáth É.*	Recsk, Közbérc	6
16. « «	8,54	4,89	2,67	«	Parád, Ördöggát	7
17. « «	4,27	1,28	7,31	«	Recsk, Csákánykő	6
18. « «	6,00	3,51	8,00	«	« Gyürketető	6
19. « «	4,17	4,59	5,58	«	Parád, Várhegy	7
20. Zöldköves, hólyagos andezit ..	6,57	2,70	3,50	*Grassely Gy.*	Gy. oroszi Altáró 76 m	4
21. « « « ..	5.01	1,93	2,11	«	« « « 75 m	4
22. « « « ..	4,40	1,52	2,57	«	« « « 210 m	4
23. Kovásodott andezit	5,06	2,43	7,80	*Nemesné*	« « « 1660 m	10
24. Biotit-amf. andezit	6,21	3,38	4,84	*Mauritz*	Recsk, Lahóca	5
25. « «	5,16	3,16	5,08	«	« Kanázsvár	5
26. Riolit	3,85	0,59	7,58	*Donáth É.*	Kékes É. oldala	7
27. Riolitperlit	1,48	0,17	7,46	*Mauritz*	Gyöngyössolymos	5
28. Riolit (mikrofelzites)	1,82	0,17	7,78	«	«	5
29. Riolit	1,96	0,19	7,80	«	«	5
30. Riolit (gömbös, üveges)	1,29	0,10	8,29	«	Lőrinci	5
31. Riolitfelzit	1,91	0,15	8,93	«	«	—

Valószínűnek látszik, hogy a kristályosodási elkülönülés szerepét sokan túlértékelik. Bármennyire tetszetősek is azok a differenciációs diagrammok, melyeken — papiron — bazaltos magmából riolit származtatható le, bajos ilyen széles határok között folyamatos kristályosodási elkülönülést feltételezni, melynek iránya középtájon ellentétesbe csapna át. A kristályosodási elkülönülés legszilárdabb hívei is elismerik *(Tilley, Fenner)*, hogy a differenciálódás menetébe az andezites összetételnél »kritikus mező«, mondhatjuk úgy is, hogy sorsdöntő szakasz iktatódik. Az idáig tartó és innen továbbvezető fokozatos átmenetek sorozatát itt ugrásszerű változások szakítják meg, melyek oka bizonyára a differenciálódó magmán kívül keresendő.

Tulajdonképpeni andeziteket az óceáni bazaltok közvetlenül a sima-ból származtatott tholeiites provinciájában egyáltalán nem találunk. A mész-alkáli sorbeli andezitek az orogének jellegzetes kőzetei, provinciáikat nagy Al-tartalom, kis Fe Mg hányados jellemzi. Ezeket a sima-ból változó mennyiségű sial-anyag beolvasztásával igyekeznek levezetni.

Nézzük meg a Mátra kőzeteinek kémiai alkotását, egymáshoz való viszonyát ezeknek az összefüggéseknek figyelembevételével. A rosszul feltárt hegységben az andezitfajták kitörési sorrendjére vonatkozóan kevés biztos megfigyelést lehet tenni. A parádkörnyéki eocén biotitamfibolandezit és dacit képződményektől és a déli Mátra szarmata riolitjaitól eltekintve, a hegység főtömegét tevő tortoni piroxénandezit vulkanizmust fázisokra bontani nem tudjuk. Részletekben egyes piroxénandezitfajták képződése között megállapítható sorrend, de a hegységen keresztül párhuzamosításról, fázisok elhatárolásáról nem beszélhetünk.

A Mátra csúcsait és gerincét borító hatalmas lávaárak kőzete feltűnően egyenletes alkotású sötét hipersztén-augitandezit, mely helyenként olivint is tartalmaz. Ennek a »bazaltos« lávaár-andezitnek a Mátra különböző pontjairól származó elemzései egymáshoz feltűnően közel esnek, pontjaik a *FMA*-diagrammban jól elhatárolódó, tömött foltot jelölnek. Ettől meglehetősen messzire elkülönülnek a Mátra telér-andezitjei. Kőzettani kifejlődésük észrevehetően eltér a lávaárakétól, kémiai összetételük pedig élesen elütő. A megvizsgált északmátrai előfordulások egymástól is lényegesen különböznek — ha többről volna kémiai elemzésünk, a »szórás« bizonyára még nagyobb volna. A diagrammban feltüntetett telérandezitek egyik csoportja a lávaáraknál savanyúbb, alkáliákban és Mg-ben gazdagabb (Csákánykő, Gyökretető, parádi Várhegy), a másik bázikusabb, vasban gazdagabb (Közbérc, Ördöggát).

Az ércesedéssel kapcsolatos változatos, zárványos andezitek foltja a lávaárandezitekét részben fedi — ami fokozatos átmeneteik, kétségtelenül egymásba kapcsolódó képződésük alapján várható is. Vetületük kiflialakú foltjának áthajlása a lávaár-andezitek foltjára esik. A »kritikus mező«-től savanyú, alkálidúsabb irányban messzire nyúlik el a folt. Ebben az irányban a differenciálódás távolabbi alakulását — nem közvetlen összefüggését — a kékesi kis riolitfolt jelöli átmenetként a délmátrai riolitok felé.

A Mátra hatalmas lávaárait kétségtelenül a piroxénandezites erupciós ciklus végefelé, annak legerősebb működési fázisa hozta létre. Ezt a kevéssé differenciált andezittömeget nagyjából egyidejű óriási lávaömlések termékének tarthatjuk, melyek során, bizonyára több kitörési centrumon keresztül egy nagyobb magmafészek kiegyenlített, állandó összetételű magmája került a felszínre. Ez a mátrai magmatörzs illó alkatrészekben szegény lehetett és számottevő ércesedést nem hozott létre.

A magmatörzs kisebb hasadékokba szorult »oldalhajtásai«, melyek a Mátra piroxénandezitteléreit szolgáltatták, változatos elkülönülések és beolvasztások során az eredeti összetételtől messze eltávolodtak. Jelentősebb ércesedéssel a magmatörzsnek ez a leszármazási sora sem járt együtt.

Az ércesedés zöldkövesedett, többször színes elegyrésznélküli kőzeteket szolgáltató leszármazási sorhoz kapcsolódik, mely a kőzetkifejlődésből ítélve illó alkatrészekben különösen gazdag lehetett. Ez a sor a magmatörzs bazaltos (növekvő vastartalmú) differenciálódásából az intermedier »kritikus« mezőben ágazik ki és a riolitok felé vesz irányt. Az »érces« leszármazási sor kiágazásának okát nem ismerjük és az eddigiekben alkalmazott munkamódszerrel az érc genetikus kapcsolatainak nyomozásában előbbre nem is juthatunk.

A diagrammon az erősen elváltozott kőzetek elemzéseit is feltüntettem. Ezek messzire elnyúló foltja természetesen a magmás leszármazás tekintetében semmit sem árul el, azonban egyrészt a szélsőséges zöldkövesedés és hólyagkitöltő kőzetváltozás Fe-Mg-ban dúsuló, másrészt a kovásodás alkáliákban gazdagodó irányzata jól megfigyelhető rajta.

A részletes bányaföldtani felvétel és ahhoz kapcsolódó kőzettani vizsgálódás a Gyöngyösoroszi-környék sajátos földtani alkotásából igyekezett az ércképződés adottságaira vonatkozó adatokat kihámozni. Ezzel kapcsolatban az érc előfordulási lehetőségeit behatárolta, tehát az érckutatás körét leszűkítette. Az eddigi részletadatokat általánosabb keretbe állítva láthatjuk, hogy az ércképződés bonyolult kérdését más oldalról megközelítve, az eredmények *Vendel* és *Szádeczky-Kardoss* elméletileg levezetett megállapításaival mindenben összhangban állnak. Az »érces« leszármazási sor mentén jutott el a differenciálódás az ércképződésre optimális magmasavanyúság területére. Mivel a mátrai »bazaltos« magmatörzs ennél jóval bázisosabb volt, ércképződés a Mátrában csak elszigetelt, helyi jelenség lehetett, s a hegység ércesedése a *Vendel*-féle 3—4 fokozatnál nem lehetett erősebb. A kőzetek szövetét tekintve éppen az »érces« leszármazási sor vezet a hegység tömegétől jól elkülöníthető módon az ércképződésre optimális *(Szádeczky-Kardoss)* kristályosodási fokhoz.

Recski bányaföldtani vizsgálataim során is találtam arra utaló tényeket, hogy ott az érc — *Vendel* korábbi elgondolásának megfelelően — nem a bezáró biotitamfibolandezit eocén vulkáni fázisához kapcsolódik, hanem a Mátra tortoni főfázisához. A gyöngyösoroszi és recski ércképződés között közvetlen összefüggést keresni ugyan nem indokolt, azonban, ha a recski Lahóca és Kanázs-

vár kőzetének vetületét az *AFM*-diagrammban a tortoni andezitekével összehasonlítjuk, úgy az inkább a meddő telérandezitekkel, mint az »érces« leszármazási sorral való analógiára utal.

Az *AFM*-diagramm »kritikus« mezője, melyen belül a differenciálódás további menete és ezzel együtt az ércképződés lehetősége is eldől, különös figyelmet érdemel. A kristályosodó magma változásainak pályája, úgy látszik, ilyen összetételnél jut labilis, könnyen eltérülő, illetve szétágazó szakaszhoz. A gyakorlati érckutatás számára is jelentős volna, ha az érc leszármazásának ezt a homályos foltját pontosabb adatokkal sikerülne megvilágítani.

IRODALOM

1. *Cornwall H. R.:* Differentiation in magmas of the Keweenawan series. Journ. Geol. 59. p. 151. 1951.

2. *Fenner C. N.:* The crystallization of basalts. American Journ. of Sc. 246. p. 465. 1929.

3. *Hotz P. E.*. Diamond-drill exploration of the Dillsburg magnetite deposits York Co., Pennsylvania. U. S. Geol. Survey Bull. 969. A. 1950.

4. *Koch S. — Mezősi J. — Grassely Gy.:* A gyöngyösoroszi Zgyerka altáró ásványai és kőzetei. Acta Chem. Min. Szeged. 1949. 1.

5. *Mauritz B.:* A Mátra hegység eruptív kőzetei. Akad. Mat. Term.-tud. Közl. 1909.

6. *Mezősi J.:* Jelentés a Recsk, Tarnaszentmária, Kisnána és Domoszló környékén végzett földtani felvételről. Földt. Int. Évi Jelentése az 1949. évről. (Nyomdában.)

7. *Mezősi J.:* Kékes és Galyatető környékén végzett földtani felvétel. 1950. évi jelentés (Kézirat).

8. *id. Noszky J.:* A Mátra hegység geomorfológiai viszonyai. Debreceni T. I. Tud. Társ. 1926.

9. *Pantó G.:* Bányaföldtani felvétel Recsk és Parád környékén. Földt. Int. Évi Jelentése az 1949. évről (Nyomdában).

10. *Pantó G.:* Bányaföldtani felvétel Gyöngyösoroszin. 1950. évi jelentés (Kézirat).

11. *Pantó G.:* A recski Lahóca érce és felépítése. Földt. Közl. 81. p. 146. 1951.

12. *Szádeczky-Kardoss E.:* Vorläufiges über den Kristallinitätsgrad der Eruptivgesteine und seine Beziehungen zur Erzverteilung. Mitt. berg. u. hüttenmänn. Abt. Univ. Sopron, 13. p. 251. 1942.

13. *Szádeczky-Kardoss E.:* Erzverteilung und Kristallinität der Magmagesteine im innerkarpatischen Vulkanbogen. Ugyanott, 13. p. 273. 1942.

14. *Tilley C. E.:* Some aspects of magmatic evolution. Quart. Journ. Geol. Soc. London, 104. 37. 1950.

15. *Wager L. R. — Deer W. A.:* The petrology of the Skaergaerd intrusion. Medd. om Grönland 103. H. 4. 1939.

16. *Vendel M.:* Studien aus der jungen Karpathischen Metallprovinz. I. Mitt. berg. u. hüttenmänn. Abt. Univ. Sopron. 16. p. 194, 1947.

Az előadáshoz hozzászólt:

FÖLDVÁRI A., JANTSKY B.,
KOCH S., MEZŐSI J.,
POLLNER J., SZÁDECZKY-KARDOSS E.,
SZTRÓKAY K. I., VADÁSZ E.,
VENDEL M., VITÁLIS S.

KÉT ÚJ GEOKÉMIAI VEGYÉRTÉKSZABÁLY ÉS AZ ELEMEK GEOKÉMIAI CSOPORTOSÍTÁSA

SZÁDECZKY ELEMÉR

Amikor a korszerű geokémia főcéljaként az egyes elemek megjelenését, gyakoriságát és eloszlását állapítja meg a Föld különböző képződményeiben, tulajdonképpen az ásványainak, • vegyületeinek különböző viszonyok közti oldhatóságát vizsgálja. Valahányszor ugyanis valamely elem jól definiált ásványként, vagy akár nyomelemként elrejtve megjelenik a Föld valamely övében, ez azért történik, mert ott valamilyen formában oldhatatlanná vált. Viszont ugyanez az elem hiányzik mindazokból a képződményekből, amelyek keletkezési körülményei közt lehetséges vegyületei oldhatók. Ilyenkor a kérdéses elem az övben jelen lehetett ugyan, de mind a semleges atomi, mind akármilyen ionizált alakja oldat, vagy gáz-alakban maradt a kérdéses övben jelentkező p, t, RP és pH viszonyok közt. Hasznosíthatóvá válhat tehát egy elem a földkéregnek azokban az öveiben, amelyekben tartósan oldhatatlan ásványként kristályosodik, ill. megszilárdul. (E kérdésnek hazánkban különösen nagy gyakorlati jelentőségéről két előző előadásban számoltam be (16, 17), amelyek egyszersmind rövid előtanulmányul is szolgálhatnak a következőkhöz.) A német szöveg a kérdést némileg továbbfejleszti.

1. *A vegyérték hőmérsékleti szabálya*

A Föld minden képződményét a mai földtani szemlélet egységes sorozattá fűzi össze. E sorozat egyes tagjait *Ferszman*-nal *geofázisok*nak nevezhetjük (1). A geofázisok a Föld belseje felől kifelé haladó sorrendben fokozatosan kisebb sűrűségű és — az elfogadottabb felfogások szerint — anionban gazdagabb, nagyjából savanyúbbnak mondható és egyszersmind csekélyebb kristályosodási hőmérsékletű magmás kőzetöveken át a különböző felszíni, mállási és üledékképződési folyamatokhoz, az élő anyaghoz és azon túl a légkörhöz vezetnek. Ezekhez kapcsolódik a fokozatos fejlődés spirálissal ábrázolható ciklusának gyengébb, látszólag »visszatérő« ágaként a kőzetképződési metamorf szárny.

A fontosabb és diagrammjainkon elkülönített geofázisok sorozata a következő :

1. Vas-nikkel fázis, amelyet elsősorban a meteoriteknek uralkodó fémfázisa alapján tanulmányozhatunk ;

2. Meteoritek szulfid- (troilit)-fázisa, amelyhez legközelebb az elsődleges magmás szulfidércek állnak;

3. Szilikát-meteorit fázis, ill. leggyakoribb megfelelője, a földi ultrabázisos magmatitok;

4. Bázisos magmás kőzetképződés fázisa;

5. Savanyú magmatit-fázis;

6. Pegmatit-fázis;

7. Pneumatolit-fázis;

8—9. Kata-, mezo-, epi-, hidrotermális fázis;

10. Az üledékes kőzetek rezisztit fázisa (»rezisztátok«);

11. Hidrolitit-fázis (»hidrolizátok«);

12. Oxidit-fázis (»oxidátok«);

13. Karbonát-fázis;

14. Evaporit-fázis;

15. Nitrát-fázis;

16—18. Szervesanyagú biolitképződés három fázisa: humolit, jüttja- és szapropél-kőzetek;

19—21. A kőzetmetamorfózis epi-, mezo- és kata-övei (Diagrammjainkon még nem szerepelnek).

A bázisos és savanyú magmás fázis közé beiktatható a földkéreg közepes összetételével nagyjából megegyező (intermedier) magmás fázis, továbbá kb. a savanyú magmatit és a pegmatit fázis közé az alkálimagmás fázis, végül a hidrotermális-üledékes határon a mállás geofázisa.

A magmás kristályosodásra, vagyis az első 9 geofázisra nézve a vegyületek oldhatósági ill. kristályosodási viszonyait eddig legáltalánosabban *Ferszman* geoenergetikai értelmezése fejezi ki (2, 3). Eszerint a kristályosodás a csökkenő kötésenergiák, a csökkenő »energetikai kofficiensek« *(EK)* sorrendjében történik. Az egyes ionok *EK*-értékei a *Kapusztinszkij*-féle rácsenergia képletből való származásuknak megfelelően, félempírikus hozzávetőleges képlettel fejezhetők ki:

$$EK = \frac{\nu^2}{2r} \cdot 0{,}75\ (r + 0{,}2),$$

ahol r az ionrádiusz, ν a vegyérték (töltésszám).

Az *EK*-tétel a magma kristályosodását sztatikusan világítja meg. A hőmérséklet szerinti átalakulások, átkristályosodás kinetikáját legújabban *Wickman* *E*-értékei, az ionaktiválási energiája igyekszik kifejezni (4). Ez egyelőre még nem számszerű, hanem csak összehasonlító értékeket jelent.

Az üledékes kőzetek sorozatának képződését ugyanezen tényezők, nevezetesen a csökkenő ionpotenciál befolyásolja. (Az ionpotenciál ugyancsak egyenesen arányos a vegyértékkel és fordítva az ionrádiusszal.) Az üledékképződés geokémiájának atomszerkezeti törvényszerűségei azonban, különösen a hidrolizátok adszorpciós hatása következtében ilyen egyszerű képlettel közvetlenül nem fejezhetők ki.

Míg az ionpotenciál az üledékes geofázisokban — ha tökéletlenül is — az egyes *ionok*ra adja meg a »kiválási sorrendet«, addig az *EK*-tétel a magmás fázisokra nem az egyes ionok, hanem az ionok által alkotott *vegyületek* rácsenergiáját, kristályosodásának sorrendjét fejezi ki.

Az egyes ionok *magmás kristályosodás*ának sorrendjét nemcsak az *EK*-tétel, de az ionpotenciál sem határozza meg. Ha ezt az ionpotenciálok határoznák meg, úgy a kristályosodásnak az ionpotenciál diagrammban (1. ábra) az egyenlő ionpotenciál-egyenesekkel, vagyis a diagramm nullpontjából kiinduló sugarakkal párhuzamosan kellene haladnia. E helyett az együtt kristályosodó ionok nagyobbrészt az ionpotenciál-egyenesekre körülbelül merőleges sávok mentén feküsznek. Ezek a sávok azonban nem helyezkednek el a kristályosodás sorrendjében. (Ez érdekes és újszerű értelmezést igénylő jelenséggel egy későbbi alkalommal foglalkozunk.)

Milyen szabályszerűség ismerhető fel az egyes ionok magmás kristályosodását illetően? Ezt a kérdést vizsgálva egy általános, a különböző elemekre egyaránt érvényes és a geokémia szempontjából alaptételként alkalmazható szabályszerűségre bukkantunk: a *magmás kristályosodás ugyanazon elem különböző ionformáin belül a növekvő ionizáció, azaz a növekvő vegyérték, ill. a csökkenő ionrádiuszok sorrendjében történik.* A hőmérséklet és nyomás további csökkenésével a mállás és üledékképződés öveiben is tovább növekedik az ionizáció, megfelelő vegyértékek jelenléte esetében. Ez övekben azonban alárendelten rendkívüli redoxpotenciálú közegek is keletkeznek az ércmállási cementáció és a szerves anyagok bomlása folytán: (humolit, jüttja, szaprolit). Ezekben abnormális vegyérték-állapotok jönnek létre, ennek megfelelően a vegyérték a szerves vegyületekben szabályosan csökken.

E tétel mindenekelőtt meglepő az *EK*-tétel szemszögéből. Az *EK*-tétel alapján ugyanis épp ellenkezőleg azt várhatnók, hogy e kiválási sorrendet az elemeken belül a csökkenő vegyérték adná meg, mert a kristályosodás a csökkenő *EK*-értékek sorrendjében történik, ez pedig egyenesen arányos a vegyérték (töltésszám) négyzetével.

Ez az ellentmondás a közelebbi vizsgálat szerint azonban csak látszólagos. Az új tétel u. i. azt állapítja meg, hogy ugyanazon elemnek először a kisebb vegyértékű, nagyobb rádiuszú formája kristályosodik. Az *EK*-tétel nem ennek ellenkezőjét állítja, hanem azt, hogy először olyan vegyület képződik, melynek kötésenergiája és így összvegyértéke a lehetőségek szerint a legnagyobb. Az *EK*-tétel azt állapítja meg, vajjon van-e valamely *vegyület* olyan állapotban, hogy adott viszonyok közt tartósan kikristályosodhat. A mi tételünk pedig arra felel, mikor vannak a vegyületet alkotó *ionok* kristályosodásra megfelelő állapotban.

Tételünk bizonyítására a következőkben röviden ismertetjük a geofázisok sorrendjében az egyes elemek fő megjelenési formáinak vegyértéki ill. ionizációs

állapotára vonatkozó vizsgálataink eredményeit. (Részletesebb adatokat a készülő Geokémia c. műben sorolunk fel.)

A *vegyérték-kérdés* az ásványtannak kényes, rendszerint agyonhallgatott, sokak előtt pedig egyáltalán nem is tudatosult probléma-csoportja. Olyan közönséges ásványok, mint a pirit és családja, a kalkopirit, az ilmenit, titanit vegyérték-viszonyainak kérdését is rendszeresen kerülik az ásványtani tan- és kézikönyvek.

Az elemzés sok esetben elvben sem adhatja meg a vegyértéket, egyrészt mert az elemzési eljárással a vegyérték megváltozhat, másrészt mert a vegyérték az elemzés által sokszor gyakorlatilag nem ismerhető fel. Jólismert például a Ti^{3+} és Ti^{4+} megkülönböztetésének nehézsége Fe-ion jelenlétének esetében.

Az atomszerkezetből sokszor ugyancsak nem következik a vegyérték. A piritben például a kétértékű vas-kation, valamint a kétértékű kén-anion mérete az S—S és Fe—S távolság szerint nem a kérdéses kationénak és anionénak felel meg, hanem a fémes vasénak és a semleges kénatoménak.

Az ionizáció mértékét tehát nem mindig lehet a vegyértékből sem megítélni. A vegyérték és a neki tulajdonított atom-, ill. ionrádiusz ugyanis nem halad mindig párhuzamosan. Az ionrádiusz a kötéstípustól is függ. Így fokozatos, a pirit említett példájához hasonló átmenetek létesülnek a kötéstípusok ill. vegyértékek közt.

Ezért is a vegyérték helyett inkább *ionizációs fok változásai*ról beszélünk. A következőkből kitűnik, hogy a vegyérték-változás sokkal gyakoribb, mint ahogy a legújabb geokémiák feltételezik (*11*, 229 lap).

A *vascsoport* elemei túlnyomóan színfém állapotban jelennek meg a természetben (meteorvas, földi vas-nikkelmag). Az ionos állapotuk csak a kisebb nyomáshoz és a nagyobb redoxpotenciálhoz való alkalmazkodás némileg kényszerű formája. A szulfid-fázisban az iontávolságok szerint főleg félig »fémes« állapotban (troilit, pirrhotin, majd a Föld felszíne közelében pirit, arzenopirit) jelennek meg a kén, illetőleg az arzén csoport anionjaihoz kötve két vegyértékű, de méretileg inkább még a semleges elemi állapotú formában. *Stillwell* értelmezése szerint (5) a piritben a kétszer kétértékű kén anionpárként két elektronnal elektronközösségbe lépve szolgáltatja a kétértékű vas lekötéséhez szükséges két vegyértéket. A szilikátos első kiválásban a többi sziderofil elemmel együtt a vascsoport elemeinek is nagy szerepe van és itt a vas már határozott 2, sőt 3 értékű és méretű kationos állapotban jelentkezik (magnetit, hematit, ilmenit, kromit). Az olivin-, piroxén- és amfibolban a nikkel kétértékű állapotban a magnéziumot helyettesíti. A *Goldschmidt*-féle $\frac{2\,Fe_2O_3}{Fe\,O}$ értéknek a kőzet savanyodásával meglehetősen szabályos növekedése jelzi az oxidációs fok emelkedésének fokozatosságát (7). A hőmérséklet csökkenésével, ill. a kőzet savanyodásával a vascsoport szerepe háttérbe szorul és csak a hidrotermális fázisban jelenik meg újra viszonylag nagyobb koncentrációban, részben kénhez, a nikkel és kobalt pedig

túlnyomóan arzénhez kötve nagyobbrészt 2 vegyértékű, sokszor még »fémes« rádiuszú állapotban. Az üledékes ciklusban az oxidációs fok részben még tovább növekedik: a vas itt már uralkodóan 3 értékű (limonit) és csak a szerves anyagokban gazdag biolitokban jelentkezik a redoxpotenciál csökkenésével a kétértékű Fe-alak (pirit, markazit). A kobalt a nagy redoxpotenciálú üledékekben a 3 értékű alakig oxidálódhat és így az oxiditekben halmozódik fel némileg. Viszont a nikkel legnagyobb oxidációs foka a természetben túlnyomóan csak 2 értékű és így az üledékes ciklusban a magnézium mellett a hidrolitekben dúsul.

A réz csoportjából az *arany* végig uralkodóan színfém állapotban szerepel a természetben.

Az *ezüst* a vas-nikkel-fázisban még feltételezhetően színfémként, de a troilit-fázistól kezdve túlnyomóan 1 vegyértékű kationként szulfofil módon jelentkezik (argentit, miargirit, stephanit, pirargirit stb.) és csak a cementációs övben található ezenkívül gyakrabban színfémként is.

A *réz* fémes állapotban a vasmagban tételezhető fel, alárendelten pedig főleg a mállási övben mutatkozik, egyébként főleg 1 értékű (kalkopirit, kalkozin, enargit, kuprit), ritkábban 2 értékű (covellin és néhány oxidációs övbeli karbonát, klorid, szilikát és szulfid ásványban).

Itt külön kell szólni a réz leggyakoribb ásványáról, a kalkopiritről. A kalkopiritben a szfaleritráccsal való analógia alapján vagy Cu^{2+} és Fe^{2+}, vagy Cu^{1+} és Fe^{3+} elempár, vagy pedig mindkét elempár váltakozásáról lehet szó. E lehetőségek közül legvalószínűbbnek látszik a Cu^{1+} és Fe^{3+} elempár jelenléte. E mellett szól *O'Daniel*nek az a megállapítása (6), hogy a $KFeS_2$ vegyületnek a K-ionja helyébe a rácsszerkezet lényeges átalakulása nélkül behelyettesíthető Cu ill. Ag. A Cu^{2+} feltevését viszont a kalkopiritnek a stanninnal való homöotipiája alapján nem lehet valószínűsíteni. Igaz ugyan, hogy a stanninban az Sn és Fe mellett nyilván 2 értékű réz van; analógiáról azonban a kalkopirittel aligha lehet szó, mert a két ásvány nem kristályosodik ugyanazon tércsoportban.

A *Zn, Cd és Hg csoport* mindhárom tagja uralkodóan kétértékű. Ezért hidrotermális szulfidos ásványaik az ionrádiusz ill. atomsúly növekedésével fokozatosan kisebb hőmérsékleten kristályosodnak, megfelelően a rádiusszal fordított arányú kötéserőnek. Azonban a cink a Fe^{2+} mellett elrejtve magasabb hőmérsékleten is kristályosodik oxifil módon: főleg Fe^{2+} szilikátokban. Ugyancsak oxifiles kötésben (cinkit, franklinit, willemit) kontakt pneumatolitosan is ismeretes.

A cink-csoport tagjai a vas-nikkel fázisban is viszonylag jelentékeny mennyiségben találhatók. Lehetséges, hogy itt a fémes állapotban Zn°, Cd°, Hg°-ként vannak jelen. A fémes kötésre hajlandóság különösen a legnehezebb tagnál gyakori (terméshigany), ritkább a terméscinkné[1].

A *Ga—In—Tl*-oszlopból az első kettő főleg 3, a Tl főleg 1 vegyértékű a természetben. Sem a Ga^{3+}, sem az In^{3+} nem alkot önálló ásványokat, hanem elrejtve

fordul elő részben kalko-, részben oxifil módon. A gallium már a korai magnetitben és kromitban dúsul, itt az Fe^{3+} és Cr^{3+}-ot helyettesíti. Ezután az Al^{3+} helyettesítőjeként úgy 6, mint 4-es koordinációban a fő-, késői- és utókristályosodás mondhatni csaknem minden Al-ásványban megjelenik. Amint azonban kéntartalmú ásványok is jelentkeznek, azonnal a szulfidokba lép át: így Grönlandon többé nem a kriolitban, hanem a szfaleritben jelentkezik. Alacsonyabb hidrotermális hőmérsékleten a szulfidokban a Ga-ot a Zn, és Ge (?) rejtik el (szfalerit, fakóérc, germanit). A felszíni üledékképződési öv O-tartalmú fázisaiban újra főleg az Al-ot követi. A gallium tehát oxikalkofilnek nevezhető elem.

Az In^{3+}-t nagyobb ionrádiuszának megfelelően főleg Fe^{2+}, Mn^{2+} és Zn^{2+} rejti. A korai Fe-szulfid kiválásokban, majd a főkristályosodás bázikus kőzeteinek szilikátjaiban (piroxén), ezután pneumatolitos kassziteritben, szideritben, kolumbitban, muszkovitban, főleg pedig a hidrotermális szfaleritben jelentkezik. Az üledékes kőzetekben is főleg Fe^{2+} és Mn^{2+}-t helyettesíti szideritben, oxidátokban és tengeri foszfátokban. Tehát az In is oxikalkofil.

A Tl uralkodóan 1 vegyértékű alakjának ionrádiusza a K^+ és Rb^+-hez áll közel, ezért főleg K-földpátban és leucitban jelentkezik elrejtve a fő- és utókristályosodás kőzeteiben, majd a K-csillámban pegmatitosan. Hidrotermálisan viszont a hasonló ionrádiuszú Pb^{2+} mellett rejtőzik (galenit, jordanit, dufrenoisit), de önálló ásványként is megjelenik szulfid-arzenidként (lorandit, vrbait). Minthogy azonban állítólag hidrotermálisan a piritben és szfaleritben is megjelenik, ahol feltételezhetően a Fe^{2+} és Zn^{2+}-öt helyettesíti, ezért itt ionrádiusza alapján talán Tl^{3+}-mal is számolhatunk. Üledékesen ismét főleg a K mellett halmozódik fel az evaporitok kálisóiban.

Az *ólom* a természetben 0, 2 és 4 értékű alakban ismeretes. Közülük leggyakoribb a 2 értékű. Nulla-értékű, színfém állapotú előfordulásának nagyrésze bizonytalan, valószínűleg mesterséges termék. Mesterségesen u. i. galenitnek levegőn hevítésekor könnyen keletkezik fémes ólom, mert a galenitből először képződő $PbSO_4$ vagy PbO a még át nem alakult PbS-t SO_2-képződés közben színfémmé redukálja. Talán részben hasonló módon, de más fém oxidációja közben redukálódva keletkezik a Madeira-szigeti láva termésólomja, valamint a Franklin furnacei oxidos Zn—Mn ércek és a közép-svédországi (Långban, Pajsberg) oxidos FeMn-ércekkel ill. mangano-arzeniátokkal együtt megjelenő termésólom (és termésréz) is.

Minthogy a meteoritok vas-nikkel fázisában viszonylag legnagyobb, a troilit és szilikát fázist túlhaladó koncentrációban ismeretes az ólom, feltételezendő, hogy ez eredetileg nagyobbrészt ugyancsak nulla értékű termés állapotban keletkezik.

Kétértékű formában legnagyobb mennyiségben valószínűleg a primér magmás szilikátokban a Ca és K mellett elrejtve található nyomelemként. Ugyancsak kétértékű formában jelentkezik a legfontosabb önálló ásványaiban,

a hidrotermálisan keletkező galenitben és a kettős szulfidokban (szulfosókban: jamesonit, zinckenit, heteromorfit stb.), valamint az ezekből felszíni oxidáció közvetett vagy közvetlen hatására keletkező O-tartalmú másodlagos ólomásványok nagyrészében (anglezit, cerusszit, wulfenit, piromorfit, mendipit stb.).

A másodlagos ásványokban ritkaságként megjelenik azonban 4-értékű ólom is. Ilyen a plattnerit (PbO_2) és a részben 2-, részben 4-értékű ólmot tartalmazó minium (Pb_3O_4). *Scserbina* vizsgálatai szerint (15) ezek képződéséhez már igen nagy (a normáloldat esetében legalább is 1,4 volt) redoxpotenciál szükséges, amikor a Cr teljesen 6-értékűvé, a V 5-értékűvé, a Mn 4-értékűvé, a Ca pedig 3-értékűvé oxidálódik. Az ólom esetében a vegyérték növekedése a kristályosodási hőmérsék csökkenésével tehát nagyon feltűnő.

A *germánium* és *ón* a meteoritok 3 fázisa közül ugyancsak a vas-nikkel fázisban a leggyakoribb. Tekintetbevéve e fázisnak anionalkotó elemekben való szegénységét, továbbá a Ge és Sn-nak viszonylag könnyen fémes állapotba redukálhatóságát (torlatban állítólag termésónt is találtak) és a rokon ólomra mondottakat, indokoltnak látszik az a feltevés, hogy a vas-nikkel fázisban a Ge és Sn eredetileg ugyancsak »terméselem« — ill. ötvözetként semleges állapotban van jelen. Az elsődleges magmás szulfid-fázisban mindkét elem alárendelten (ezred %-os nagyságrendben) jelenik meg, feltételezhetően kétértékű szulfidos alakban. A folyós magmás szilikát-fázisban a még kisebb koncentráció ellenére összmennyisége jelentékeny. Itt a Ge-ot főleg Si mellett 4-értékű alakban elrejtettnek tételezik fel, míg az ónt részben kétértékű alakban Ca mellett, részben 4-értékű alakban a Fe^{2+} mellett elrejtve gondolják. Pegmatit és pneumatolitban az Sn uralkodóan 4-értékű és helyettesíti a Ti^{4+}-t (titanit), W $^{+}$-t (wolframit) és Ta^{5+}, Nb^{5+}-öt. Itt biotitban, turmalinban, fluoritban és plagioklászban is előfordul, részben talán még 2-értékűen is Ca mellett. Az ón itt önálló ásványként (kassziterit) éri el legnagyobb gyakoriságát, 4-értékű formában. Hidrotermálisan önálló szulfidként is megjelenik teallit-, kilindrit-, herzenbergit- és stannitként, azaz 2-, részben talán 4-értékűen. A germánium helyenként pneumatolitosan és hidrotermálisan válik gyakorivá, részben a szfalerit és más szulfidok mellett elrejtve, részben önálló ásványként (argyrodit, germanit) 2- és 4-értékűen. A hőmérséklet csökkenésével a vegyérték növekedésének némi nyoma tehát e két elemnél is követhető.

A *nitrogén* túlnyomó része az atmoszférában van, de a szilikátos kőzetekben, sőt kevesebb a szilikát-meteoritekben is található, talán ammoniagyökös vegyületek alakjában, tehát 5-értékű kationként. Meteoritekben nitrid, vagyis anionos N is ismeretes (osbornit, TiN). Másodlagos eredetű vulkáni exhalációként is előfordul nitrid: siderazot vagy silvestrit; Fe_5N_2. Vulkáni exhalációként szalmiák és más ammóniumsó (5-értékű kationos nitrogénnel) is ismeretes. Az üledékes kőzetekben gyakoribbak a nitrátok (K- és Na-salétrom, barlangokban Ca-salétrom), vagyis a N itt is kétségtelenül ugyancsak 5-értékű kation,

oxifil jelleggel. Az ionizáció növekedésének némi jele a hőmérséklet csökkenéssel így a N esetében is felismerhető.

A *foszfor* a fém-, szulfid- és szilikát-fázisban közel azonos mennyiségben (0,07—0,3%) jelenik meg, maximuma feltételezhetően a szulfid-fázisban van. A fém- és szulfid-fázisban egyaránt főleg 3-értékű anionként (schreibersit, [Fe, Ni, CO]$_3$P) jelenik meg. Ily alakban tehát kalkofil. Meteoritekben azonban, állítólag, fehér termésfoszfort is találtak. A földkéregben azonban valószínűleg állandóan, de legalábbis uralkodóan a másik szélsőségként : 5-értékű kation alakjában oxifil módon szerepel (A magmás fázisban főleg apatit, némileg feldúsulva az első szulfidos és a késői alkáli fázisban ; a pegmatitos-pneumatolitos fázisban egyéb foszfátok is). Néha a P^{5+} a Si^{5+}-et helyettesíti (japán zirkon), A foszfor 5-értékű kation marad az üledékben is.

Az *arzén* nagy vegyértékbeli változékonysága (As^{3-}, As^{0}, As^{3+}, As^{5+}) különösen élesen mutatja a hőmérséklet csökkenésével növekvő ionizációt, Már a vas-nikkel meteoritek fémötvözet ásványaiban is viszonylag nagy mennyiségben (0,2%-ig) található, itt valószínűleg nulla-vegyértékű termésállapotban, vagy anionalkotóan a schreibersit foszfid analogonjaként arzenid alakban. Leggazdagabban a szulfid- (troilit)-fázisban jelentkezik, nyilván anion-alkotóan As^{3-}-ként. Anionként főleg a vas- és platina-csoporttal, azaz a sziderofil elemekkel alkot félfémes kötésű, tehát rádiusz szempontjából az As^{-3} és As^{0} közt álló vegyületeket. A földi magmás előkristályosodás fázisában például sperrylithként, majd a pegmatitos fázistól kezdve arzenopirit, löllingit, kloantit, szafflorit, kobaltit, nikkelin, rammelsbergit, gersdorffit, és hasonló ásványokként jelenik meg. A gyorsabban hűlő effuzív hidrotermális érctelérekben azonban termésalakban semlegesen, még inkább arzenszulfosóként éspedig főleg rézzel, ezüsttel, ólommal (enargit, pirargirit, jordanit stb.), sőt egyszerű szulfidként (auripigment realgár), tehát 3-értékű kationként jelenik meg. Még tovább növekedik az ionizáció a málláskor, amikor arzeniátok keletkeznek, vagyis az arzén 5-értékű kationná alakul (erithrin, annabergit, skorodit, olivenit, mimesit stb.). Az 5-értékű arzén-kation tehát már határozottan oxifil, néha már a 3-értékű is (arzenolit) ilyen.

Az *antimon* vegyérték-viszonyai meglehetősen hasonlók az arzénéhez. Ez is főleg a szulfidos előkristályosodásban és hidrotermálisan dúsul, főleg 3-értékű gyenge (félfémes kötésű) anionként (stibiopalladinit, diskrazit, majd ulmanit, breithauptit, gudmundit). Később semleges (termésantimon és allemontit), majd a szulfosókban részben már gyenge 3-értékű kationként (tetraédrit, burnonit, jamesonit, stefanit, pirargirit), végül főleg egészen kis hőmérsékű hidrotermális képződményként tipikus 3-értékű kationként (antimonit) szerepel. A mállási övben részben oxifilként viselkedik 3- és részben talán 5-értékű alakban (valentinit, szenarmontit, kermezit stb.).

A *bizmutnak* kisebb a természetbeni vegyérték-változékonysága. Pegmatitosan és pneumatolitosan, néha hidrotermálisan és termésbizmutként és főleg

ugyancsak majdnem »semleges« (Bi^0—Bi^{3+}) alakban, t. i. csaknem fémes kötésű bizmutin, tellurobizmutin és guanajuatitként (Bi_2Te_3) és szulfósóként főleg rézzel, ólommal és ezüsttel (emplektit, dognácskait, wittichenit, rézbányit, cosalit, schapbachit stb.) szerepel. A Bi-szulfosók, vagyis a tiszta Bi^{3+}-ásványok egyrésze (wittichenit, klaprothit, Bi-fakóérc) főleg csak hidrotermális. Málláskor határozottan 3-értékű kationként oxidos, karbonátos ásványokká (bizmutokker, bizmutoszferit stb.) alakul. Az egyetlen fontosabb Bi-szilikátban (eulitin) a Bi 3-értékű kation. Komplex savgyökként a természetben eddig nem ismeretes.

Igen világosan mutatja a hőmérséklet csökkenésével növekvő ionizáció jelenségét a *kén és csoportja*. A kén a meteoritek troilit fázisában épp úgy, mint az első földi magmás kristályosodás többnyire Ni- és Cu-tartalmú pirrhotinos tömegeiben kétértékű anionként szerepel. Ez utóbbi főleg (ultra)bázisos kőzetekhez van kötve. A hőmérséklet csökkenésével és a fokozódó savanyodással a szilikátos tömegekkel kapcsolatban a szulfidtömegek és bezárt mikroszkópos ásványszemek is mind ritkábbakká válnak, azonban a szulfidásványokban a S^{2-} viszonylagos mennyisége nő (pirrhotin helyett pirit képződik). Csak szélsőséges alkáli magmákban szaporodik kissé a kén mennyisége, ahol részben az O-t helyettesíti szilikátásványokban (szodalit-csoport), a felszínközeli effuzivumokban SO_4-gyé oxidálódva (nozeán, hauyn). Újra uralkodóvá válnak a szulfidok a víz kritikus hőmérséklete táján és az alatt az egész hidrotermális fázisban. A kén itt is uralkodóan kétértékű anion, de helyenként már semleges (ill. molekula kötésű) terméskén is keletkezik a H_2S és SO_2 gyökök hatására. A szulfátképződés (barit stb.) itt még viszonylag alárendelt. A terméskén az üledékes övben válik gyakoribbá. Itt azonban a magmás szulfidok nagyobbrészt 6-értékű kationná oxidálódva a rendkívül változatos szulfátok alakjában (anhidrit, gipsz stb. jelennek meg. Csak főleg a szerves anyag pusztulásakor lecsökkenő redoxpotenciál hatására keletkezik néha újra szulfidásvány az üledékes övben.

Lényegileg hasonlónak látszik a *szelén* és a kevéssé ismert *tellur* vegyértékváltozásainak menete. Ezeknél azonban a 4-vegyértékű alak is inkább ismert (szelenitek és telluritek, kalkomenit, durdenit).

A *halogének* közül a F, Cl és Br csak 1-értékű anionként ismeretesek a földkéregben. Míg a F és Cl önálló ásványokat is alkot a magmás kőzetekben, addig önálló Br és J-ásványok itt nem ismeretesek. Feltételezik, hogy a J egyes nehézfémekkel jodidokat alkot a magmás kőzetekben. A J azonban szélsőségesen nagy redoxpotenciálú üledékekben 5-értékű kationként is (jodátok alakjában: lautarit, dietzit) megjelenik.

A főcsoportok változó vegyértékű (pegmatofil) elemei közül a *szkandium, yttrium és lanthanidák* a vegyérték-kérdés szempontjából ezideig kevéssé értékelhetők ki. Ugyanis túlnyomóan 3-értékűek és végig oxifil jellegűek. A kisebb méretű Sc^3-t főleg a Mg^2 és Fe^2 rejti el (az »elrejtést« e tanulmányban tágabb értelemben használva) a korai és a pegmatitos szilikátokban, a pneumatolitos wolframitban és a hidrotermális szideritben. Pegmatitosan önálló ásványként

is megjelenik (thortveitit). A nagyobb rádiuszú Y és lanthanidák megfelelő helyettesítő lehetőség hiányában az elő- és főkristályosodásban alig szerepelnek, főleg csak a késői nefelinszienit és a pegmatitokban halmozódnak fel, különösen foszforhoz és fluorhoz kötve. A gránit-pegmatitban inkább a közepes rádiuszú Y-földek, a nefelin-szienites pegmatitban inkább a nagy rádiuszú Ce-földek gyakoriak. Főleg Ca^{2+}-ot, a Ce-földek részben a K-ot is helyettesítik.

A kétértékűen is megjelenő Yb és Eu a korai földpátokba is beléphet, de a 3-értékűek csak a későbbiekbe, mert itt (*Wickman* szerint) már vegyértékkiegyenlítésül egyidejű Si^4—Be^2 helyettesítésre is szükség van, a Be pedig csak a pegmatitos állapottól kezdve kristályosodik. Ez összhangban van a hőmérséki vegyérték-szabályunkkal is.

A *titán* vegyértéke meghatározásának nehézségeit már említettük. A földi magmás kőzetekben a legnagyobb kristályosodási hőmérsékletű bázisos kőzetekbeli első képződménye is gyakran 4-értékű (ilmenit), ugyanúgy, mint a savanyú kőzetekben (titanit). Az ilmenitben a Ti-t a hematittal való izotipia alapján 3-értékűnek lehetne gondolni, de a geikielith-tel és pirofanit-tal való izomorfiája 4-értékűnek mutatja. Az alkáli-kőzetekben sokszor részben három- (perovszkit, Ti-augit, melanit, flogopit, biotit) és csak részben négyértékű (Ti—Zr-szilikátok). A kiömlési kőzetekben feltételezett $TiFe_2O_4$ ill. $FeTi_2O_4$ spinellekben viszont a Ti 2 ill. 3-értékű lehet, ez azonban még nem eléggé tisztázott kérdés. A pegmatitokban a Ti főleg rutilként jelenik meg, tehát 4-értékű. Ugyancsak 4-értékű az (alpi) hidrotermális telérekben, ahol a TiO_6 oktaéderek mindinkább közvetlenül egymáshoz kapcsolódnak, a hőmérséklet csökkenésével (rutil—brookit—anatáz). Az ilmenit és rutil (4-értékű) a rezisztátokban némileg felhalmozódhat. Egyébként a Ti hidrolizálva a bauxitban dúsul, ahol titanit, ilmenit, rutil és anatázként, tehát uralkodóan 4-értékű formában jelenik meg. Végeredményben a Ti a természetben uralkodóan 4-értékűnek látszik, csak alárendelten, az alkáli kőzetekben és a gyorsan hülő effuzivumokban kényszerhelyzetben az eredeti állapotban maradva részben 3-értékű.

A *cirkonium* vegyérték szempontjából közömbös, eddig ismert megjelenési módjai végig 4-értékűek. (Figyelemreméltó abból a szempontból, hogy noha nagy kötéserejű ionokból felépített első kiválási ásvány, mégis a (késői) savanyú kőzetekben több van, mint a bázisosakban. Itt talán *Wickman* magyarázata fogadható el, mely szerint mennyisége oly kicsiny, hogy eleinte nincs elég nagy koncentrációja a kristályképzéshez.)

A *vanádium* az elsődleges magmás szulfidokban csak kis mennyiségben jelentkezik és talán itt van részben kétértékű alakban. A magmás Ti-tartalmú vasércekben erősebben felhalmozódik, itt már feltételezhetően a Ti^{4+} és részben esetleg Fe^{3+} és Al^{3+} helyettesítésében, uralkodóan négyértékű állapotban. Alárendelten azonban már itt is lehet 5-értékű. A főkristályosodás augit-, amfibol- és főleg csillámban Fe^{3+} és Al^{3+} helyettesítőjeként V^{4+} és V^{5+}-t tételeznek fel. Az üledékes kőzetekben uralkodóan 5-értékűvé válik és leginkább

Al-ot helyettesít főleg agyagásványokban, oktaéderes koordinációban. A bauxit és lateritben ugyancsak VO_4-ként adszorbeálódik. H_2S jelenlétében patronitként ugyancsak 5-értékű alakban halmozódik fel. Ezért a kőszénben, kőolajban, különösen pedig aszfaltban dúsul. A vegyérték növekedése a hőmérséklet csökkenésével tehát a vanádium esetében is határozottan megállapítható. *Leutwein* (10) vizsgálatai a vegyérték-szabályt a vanádium esetében megerősítik.

Egyelőre nem sokat mond a vegyérték-kérdés szempontjából a *niobium* és *tantal*. Mindkettő u. i. uralkodóan 5-értékű kationként jelenik meg főleg pegmatitokban, oxigénes vegyületekben önálló ásványként és Ti és Zr mellett szilikátokban elrejtve. Tantal termés-állapotban is ismeretes ritkaságként torlatokból.

A *króm* 3-értékű formában jelentkezik a magmás, uralkodóan korai kiváláskor krómitban, spinellben, valamint a szilikát-ásványokban, akár többé-kevésbbé önállóan, akár elrejtve. Az üledékekben is, úgy a rezisztitekben, mint szilikátokból kioldva és a hidrolititekben adszorbeálva főleg 3 értékű marad. Néha azonban, különösen a szélsőségesen nagy redoxpotenciálú sivatagi nitrátfaciesben (csilei salétrom) 6-értékű kromátként (tarapacait) jelentkezik. Egy másik 6-értékű krómot tartalmazó kromát-ásvány a krokoit valószínűleg már az oxidációs övben keletkezik. A vegyérték növekedése a hőmérséklet csökkenésével így itt is világos.

A *molibdén* is tisztán mutatja a vegyérték-szabályt : a vas-nikkel fázisban valószínűleg nulla-értékű »terméselem« ill. ötvözet, a földkéregbeli magmás fázisokban végig 4-értékű (uralkodóan MoS_2), a mállástól kezdve azonban az üledékes geofázisokban — kivéve a kis redoxpotenciálú szerves anyagú üledékképződést — 5- és 6-értékűvé ionizálódik. (5-értékű Mo-t tételeznek fel az ilsemmanitban : $Mo_3O_8 \cdot n\ H_2O$). Sajátságos, hogy a MoS_2 a pneumatolitos fázisban éppen akkor kezd gyakorivá válni, amikor a többi kísérő kation nagy része oxidos formában jelentkezik (SnO_2, $FeWO_4$).

A *wolfrám* a meteoritek vas-nikkel fázisában viszonylag nagy koncentrációban jelenik meg, valószínűleg ugyancsak nulla-értékű alakban. Egyébként a magmás ciklusban végig a legmagasabb oxid formájában W^6-ként szerepel és így vegyértékét az üledékes geofázisokban nem változtatja.

Az *urán* eleinte a pegmatitos képződményekben főleg 4-értékű (UO_2), de utólag ez is oxidálódik 6-értékűvé (UO_3-má). A kisebb hőmérsékletű képződményekben már csaknem kizárólag UO_3-má alakult szurokérc van. A felszínen részben UO_2-tartalmú uranil-vegyületek (uráncsillámok), de részben U^6-tartalmú oxid (becquerelit) is keletkezik. *Scserbina* vizsgálatai szerint ugyanis az U^4 már aránylag csekély redoxpotenciál esetében — normál-oldatban +0,41 voltnál — átalakulhat U^6-má, s így Fe^2 jelenlétében mindkét vegyérték-forma lehetséges. Így az urán másodlagosan felhalmozódhat a csekély redoxpotenciálú szerves anyagban gazdag üledékekben és a nagy redoxpotenciálú sivatagi üledékekben is.

A *mangán* esetében is világos a vegyérték-szabály : a meteoritek vas-nikkel fázisában valószínűleg nulla-értékű, troilit fázisában 2-értékű (oldhamit), a magmás főkristályosodástól kezdve egyelőre még uralkodóan 2-értékű alakban főleg a Fe^{2}-t helyettesíti a szilikátokban, a pneumatolitos fázistól kezdve pedig főleg oxid-, majd karbonátként (franklinit, rodokrozit) jelenik meg. Alárendelten már itt is 3-értékű (a franklinitben részben, továbbá mangán-andaluzitként az Al helyén). A kisebb hőmérsékletű epi-hidrotermális fázistól kezdve túlnyomóan 3-értékű (manganit, braunit). A mállási övbe kerülve többnyire még tovább oxidálódik és így az üledékekben uralkodóan 4-értékű alakban oxidosan (piroluzit, manganomelán, pszilomelán) található.

Ez adatokat diagrammatikusan a 2—6. ábra vastag vízszintes vegyérték-egyenesei szemléltetik. (A vegyértékek koordinátatengelyét a baloldali lépték képviseli.) Nyilvánvaló, hogy ugyanazon elem vegyértéke túlnyomóan szabályosan nő a kristályosodási hőmérséklet csökkenésével (egészen a humolitig, ahol újra csökken). A magma megmerevedésében tehát a rácsenergia mellett van még egy döntő tényező : a redoxpotenciál, ami nyilván a vegyérték-változások közvetlen »oka«. Ennek közelebbi vizsgálatát a következő fejezet tárgyalja.

2. *A vegyérték-változások és a redoxpotenciál geokémiai értelmezése*

Az ionok határméretei

A hőmérséklet csökkenésével és a Föld belseje felől kifelé haladó sorrendben csökkenő ionrádiuszok ill. növekvő ionizációs fok tételét kézenfekvő a Földben kifelé növekvő redoxpotenciálra *(RP)* visszavezetni. *Goldschmidt* vizsgálataiból ismeretes u. i., hogy a meteoritek *RP*-ja általában kisebb a földi kőzetekénél (7). Oslo-vidéki kőzeteken pedig azt tapasztalta, hogy a magmás kristályosodás előrehaladásával a *RP* növekedik. E kőzetek *RP*-változásainak szemléltetésére *Goldschmidt* a $\frac{2\,Fe_2O_3}{FeO}$ értékeket használta.

A kérdés pontosabb és általánosabb kivizsgálása céljából kiszámítottuk a fontosabb kőzettípusok $\frac{2\,Fe_2O_3}{FeO}$ értékeit. Kiindulásul a *Daly*-féle kőzetelemzési átlagértékeket, a hiányzó kőzetekre pedig részben a *Johannsen* által közölt elemzésekből számított középértékeket (greizen, esmeraldit), továbbá *Ferszman* adataiból számított középértékeket (alkáli-pegmatit) használtunk. Ez adatok közül csak a legfontosabbakat közöljük, annak szemléltetésére, hogy 1. a kiválási sorban előre haladva a savanyúbb kőzetekben a *RP* meglehetősen szabályosan növekedik; 2. a felszínibb jellegű effuzívumok *RP*-ja lényegesen nagyobb a megfelelő intruzívumnál; 3. az alkáli kőzetek *RP*-ja nagyobb, mint a megfelelő közönséges alkálimész kőzeteké.

1. TÁBLÁZAT

Dunit 1,0	Pikrit 1,2	—	—
Olivin-gabbró 1,2	Plató-bazalt 0,7	—	—
Gabbró 1,1	Bazalt 1,7	—	—
Diorit 1,5	Andezit 2,1	Essexit ... 1,5	Trachidolerit 1,8
Kvarc-diorit 1,4	Dacit 2,5	Nefelin .. 3,1 szienit	Fonolit 4,6
Gránit 1,8	Riolit 3,3		

- Pegmatit..... 2,26
Peracidit 3,01

A Földben kifelé csökkenő ionrádiuszok ill. növekvő ionizáció jelensége tehát párhuzamos a *RP* növekedésével. Fel lehet tételezni, hogy közöttük okozati kapcsolat is van.

A Föld felszínén végbemenő folyamatok alapján megszoktuk ugyan, hogy a *RP*-t az oxigén mennyiségétől függő értéknek tekintsük és ezért az ionizáltságot egyszerűen az O-tartalom változására szokásos visszavezetni. Végső elemzésben azonban ez a felfogás nem adja a teljes megoldást. A Föld belső öveiben különféle O-mentes rendszerek vannak és ezekben a *RP* még tovább változik. Nyilván a szulfidfázis »redoxpotenciálja« nagyobb a tiszta fémfázisnál. A kérdés nem pusztán az O mennyiségén, hanem az összes anion viszonylagos mennyiségén és minőségén mulik. Ezt a tágabb értelemben vett »redoxpotenciál«-t nevezzük a következőkben az *anionizálódás fokának (A)*. A problémának a geokémia szempontjából oly nagy hordereje van, hogy külön vizsgálata szükséges. Itt csak az anionizálódási fok genetikai értelmezésével foglalkozunk.

A tágabb értelmű *RP* ill. *A*-változások a Föld belsejének atomszerkezetére vezethetők vissza. Ha egy geokémiai elemcsoportból sok elektron szabadulhat fel, vagyis elemei kationizálódásra hajlamosak, úgy elektronjaik anionalkotásra képes elemeket kötnek meg. Nem az oxigén, vagy egyéb anion mennyisége határozza meg az ionizációs fokot a Földben, hanem fordítva, végső elemzésben a rendszer ionizálódása határozza meg annak O-, vagy más anion-tartalmát. Kisebb elektronszám felszabadulása esetében (kalkofil kationok) a kén, nagyobb elektronszám esetében az oxigén alkalmasabb azok felvételére, alább megvilágítandó okokból. Úgy az O, mint a S kisebb atomsúlyú a vele együtt megjelenő kationoknál. Mindkettő a saját övében a legkisebb atomsúlyú főelem. Tömeges megjelenése a kérdéses övben nem atomsúlyának, hanem anionalkotó képességének következménye, ami ionrácsos vagy félfémes szerkezetben való kémiai megkötésüket eredményezi. A kationok ionizációs foka és az anionizálódás foka egymással okozati összefüggésben áll és egyik a másikból levezethető.

Hogyan jön létre az elektronok felszabadulása, az ionizáció a Föld belsejében? Ezt a kérdéses földövek elemeinek atomszerkezete világítja meg. A rendszerint a legmélyebb övnek tekintett *vas-nikkel fázis sziderofil elemeinek* (Fe, Co, Ni, Ru, Rh, Pd, Os, Ir, Pt) elektronszerkezetében a külső törzselektronhéjból körülbelül annyi elektron hiányzik, mint amennyi elektron van ionizálatlan

semleges állapotben a legkülső (vegyérték) elektronhéjban. Feltételezhetjük tehát, hogy ezekben az elemekben kivételesen némi mértékben megvan annak a lehetősége, hogy a nyomás növekedésével a legkülső vegyérték-elektronok mintegy »betolódjanak« az alattuk következő törzs-elektronhéjba. Ezáltal a sziderofil elemeknek nagy nyomáson nincs elektronátadási készségük. Ezért alkothatnak ezek az elemek a bolygók belsejében fém-fázisokat. Ezt a feltevést alátámaszthatjuk azzal az elméleti levezetéssel (8), amely szerint nagy nyomáson a vegyérték- és törzs-elektronok közti kölünbségek mindinkább elmosódnak.

A meteoritek *troilit-fázis*ának, ill. a Föld következő öveként feltételezett oxid-szulfid-héjnak *kalkofil elemei* (Cu, Ag, Zn, Cd, Hg, Ga, In, Tl, Ge, Sn, Pb, As, Sb, Bi, S, Se Te) már bizonyos elektronleadási hajlamot árulnak el. Ezek közös jellemvonása u. i., hogy a komplett 18-as törzs-elektronhéj felett semleges atomállapotban egy vagy két *s*-elektront és ezenfelül esetleg egy—négy *p*-elektront tartalmaznak. A mélyebb komplett törzs-elektronhéjba a vegyérték-elektronhéjból elektronok itt alig nyomódhatnak be. A vegyérték-elektronok így könnyebben leszakadnak. Az elektron-leszakadási hajlam azonban — összehasonlítva a litofil elemekével — még nem különösen nagy, mert a nagyméretű és elektronszámú külső törzs-elektronhéj és a vegyérték-elektronhéj közti távolsági és minőségi különbség még elmosódott. Különösen kicsiny ez az aranynál, amelynek tömörebb elektronszerkezetével összefüggésben a két legkülső héj közti távolság oly kicsiny, hogy azok elektronszintjei csaknem összeolvadhatnak: ezért az arany inkább sziderofil.

Kisebb nyomáson a kalkofil atomok kitágulva megközelítik az atommag vonzása által meghatározott lehetséges legnagyobb elektronkiterjedést, a határméretet (l. alább) és így vegyérték-elektronjai mindinkább elszabadulni igyekeznek. Az elszabaduló elektronok felvételére az anion-alkotásra alkalmas, külső héjukban közel 8 elektront tartalmazó elemek képesek. Ez elemek közül a mélyebb övekben főleg csak a viszonylag legnagyobb atomsúlyú, ezért ott gravitációsan is inkább lehetséges kén-csoport tagjai vannak jelen. A kalkofil elemeknek a kéncsoporthoz való affinitását (szulfofiliáját), ezenkívül az atomszerkezeti rokonság, elsősorban a nagyobb számú elektronhéj és ezáltal a félfémes kötésre való hajlandóság is biztosítja.

(Ez a rokonság megnyilvánul a hosszúperiódusos rendszerben való szomszédos helyzetből is. Általában nemcsak az elemek egymásban oldódása, illetve egymással ötvözetet alkotó képessége alapszik atomszerkezeti rokonságon, hanem az ionkötéses vegyületalkotó-képesség is. Ezért alkotnak az atomszerkezetileg rokon litofil elemek a földkéregben főleg csak egymással vegyületeket, ásványokat, a kalkofilek pedig ismét csak egymással a szulfid-fázisban, a sziderofilek egymással ötvözeteket a fém-fázisban. Az elemek geokémiai rendszerezése tehát nemcsak az együttes előfordulás, hanem az atomszerkezeti rokonság és az egymással vegyülékenység, az egymást kiegészítő nagy affinitású kation-anion párok meghatározását jelenti.)

A kalkofil elemek tehát a bolygók mélyének szulfidfázisaiban nincsenek feltételezhetően semleges fémes állapotban, hanem az ionkötés felé átmenő félfémes vegyületeket alkotnak. Minthogy a kén atomsúlya a többi kalkofil elemnél kisebb és így koncentrációja is ott még feltételezhetően csekélyebb, ezért a mélyebb övekben főleg csak a kis vegyértékű, nem sok aniont igénylő kalkofil kationok előfordulása valószínű. Valóban a kalkofil ionok nagyrésze csak 1—2 értékű.

A kalkofil elemek által létrehozott csekély (tágabb értelemben vett) »redoxpotenciált«, ionizációs fokot az oxid-szulfid-héjban mutatja az is, hogy itt az anionok száma viszonylag csekély. A leggyakoribb vasvegyületek közül még nem a Föld felszínén annyira gyakori diszulfidok, hanem a monoszulfid (troilit) található ennek az övnek képviselőjében, a pallazitos meteoritekben.

A *szilikát-kéregben* uralkodó kisebb rendszámú kationok elektronleadási hajlama nagyobb. A szilikát-kéreg ugyanis lényegileg a *litofil elemekből* (Si, Al, Mg (Fe), Ca, Na, K) áll, amelyeket az jellemez, hogy vegyérték-elektronjaik alatt nem 18-as, hanem csak elektron-oktettes törzs-elektronhéj következik. E héj stabilitása következtében igen könnyen keletkezik a semleges litofil atomból oktetthéjú ion.

A litofil elemek nagyobb elektronátadási készségét a kalkofilekével szemben mutatják a kisebb *ionizálódási energiák* is. A litofil fő-kationok ionizálódási energiája mindössze 4—8 volt *(Herzberg* szerint), míg a kalkofilok jellemzőbbjeinek (Cu, Ag, Zn, Cd, Hg, As, S, Se) ionizálódási energiája 8—11 volt. Jellemző az is, hogy az elektronszerkezetileg a kalkofilekkel rokon, de egyébként inkább oxifil oxikalkofil módon viselkedő elemek — Ga, In, Tl?, Ge, Sn — ionizációs energiái a kalkofil és tipikus litofilek átlagértékei közé esnek : 5—8 volt. Összehasonlításul megemlítjük, hogy a sziderofil elemek ionizálódási energiája — mindig az első elektron leszakításához szükséges feszültségként megadva — 8—9 volt, legnagyobb az atmofil elemeké 12—22 volt.

A litofil kationok által leadott elektronokat a földkéregben a kisebb rendszáma és atomsúlya miatt is gyakoribb oxigén veheti fel. A litofil elemek oxifiliáját a rokon elektronszerkezet is biztosítja.

Az oxigén anionnak a kéncsoport anionjánál kisebb mérete megengedi továbbá, hogy ugyanazon vegyületen belül az oxigén-anionok viszonylagos mennyisége megnövekedjék. Ezt a komplex anion-alkotás (SiO_4-tetraéder) biztosítja.

Az ionizációs fok ill. a *RP* további növekedését a szilikátos földkéreg felső, savanyúbb szialikus részében a SiO_4 tetraédereknek az a sajátsága eredményezi, hogy közvetlenül egymáshoz kapcsolódni is képesek. (Ez a sajátság rokonságban áll a periódusos rendszer ugyanazon csoportjába tartozó karboniumnak közvetlen egymáshoz kapcsolódási hajlamával.) A SiO_4-tetraéderek viszonylagos mennyiségének növekedésével nő a nagy ionizációs fokú, nagy vegyértékű atomok, ill. az átcserélt elektronok száma. Az oxidációs fok ilyen növekedésével

egyszersmind a kőzet sűrűsége is csökken és így közvetlenül a gravitációs differenciáció következményeként tekinthető a felfelé növekvő ionizációs fok.

Az ionizációs fok termodinamikailag is levezethető. *Barth* ilyen számításokkal igazolta (9), hogy az oxidációs fokot a földkéregbeli mélységnek megfelelő *pt*-viszonyok olymódon határozzák meg, hogy az oxigén-tartalomnak a Föld felszíne felé közeledve növekednie kell. Ha tehát tektonikai folyamat által a Föld felszínéről olyan kőzet kerül a mélybe, amelynek oxigén-tartalma a *pt*-értékekhez képest túl nagy, úgy annak a kőzetből (felfelé) el kell távoznia. Az oxigén-tartalom csökkenésével a *RP* ill. ionizációs fok csökken. A *kőzet-metamorfózis* tehát atomszerkezetileg lényegileg az elektronok fokozatos újrafelvétele a kationok által. Az elektronfelvétel azonban megfelelő számú oxigén-anion ill. ebből keletkező O-gáz felszabadulásával jár. Valóban ismeretes, hogy a mélyből jövő vizes oldatok »szabad« oxigént is tartalmaznak. Feltételezhető azonban, hogy a metamorfózist kísérő víz és széndioxid kiszorítás részben ugyancsak az átcserélt elektronok számának csökkentését jelenti.

Az elemeknek növekvő elektronleadási hajlama, a földkéregben felfelé haladva, annak a feltevését teszi szükségessé, hogy az ionoknak bizonyos lehetséges *határmérete* van, amelyet túlhaladni nem lehet. Az összenyomható atomok a nyomás csökkenésével kitágulnak, de ez a tágulás egy adott ionizációs állapotban bizonyos határokat nem léphet túl, mert az atommag elektrosztatikai vonzóereje bizonyos távolságon túl nem képes többé az elektronokat magához láncolni. Kisebb nyomáson a legkülső elektronok tehát leszakadnak s így nagyobb vegyértékű ionok keletkeznek. Ezért például a mélységben keletkezett szulfidásványok a felszínen szulfátokká alakulnak, vagyis az S^{2-} ion S^{6+}-szá kationizálódik. A hőmérséklet csökkenésével általában növekvő vegyértékek szabálya tehát úgy is tekinthető, mint amiben a nyomás egyidejű csökkenésével az atomok határméreteiből következő ionizáció növekedés nyer kifejezést.

Nagyobb nyomáson viszont az elektronburok összenyomódásával az atommag hatáskörében mintegy hely keletkezik további elektronok számára és így kívülről »tartósan« beléphet újabb elektron is, vagyis az atom elektronkészlete megnövekedhet. Anionalkotók a legnagyobb mértékben összenyomható elemek, amelyek így hatáskörükbe vonhatnak a semleges elektronkonfigurációnál több elektront is.

3. *A vegyértékek gyakoriságának szabálya*

Az elemek geokémiai rendszerezése

Az előbbi vizsgálatok alapján a vegyértékek természetbeni gyakoriságaira is új szabályszerűség mutatható ki.

Hasonlítsuk össze a különböző elemek természetbeni vegyértékeit. E célból csoportosítsuk a vegyértékeknek az előző fejezetből és a 2—6. ábrákból megállapított gyakoriságait elemenként a periódusos rendszer szerint (2., 3. táblázat).

Kiderül, hogy az egyes elemcsoportok (periódusos rendszerbeli oszlopok) vegyértékeinek gyakorisága a rendszám növekedésével szabályosan változik. Éspedig :

1. A *kalkofil* elemek esetében egy-egy csoport kisebb atomsúlyú tagjai mindinkább nagyobb vegyértékű állapotban szerepelnek a természetben. Vagyis a *kalkofil elemcsoportok természetbeni vegyértékei csökkennek a rendszám növekedésével* (2. táblázat).

2. TÁBLÁZAT

—	—	—	Si 4	P (−3, 0) 3 5	S −2,0, 6
Cu 0, 1, 2	Zn 2	Ga 3	Ge 2, 4	As −3, 0, 3 5	Se −2,0, (4,6)
Ag 0, 1	Cd 2	In 3	Sn (0, 2), 4	Sb (−3), 0 3	Te −2,0, (4,6)
Au 0	Hg 1,2	Tl 1	Pb (0), 2 (4)	Bi (−3) 0 3	Po ?

Tehát a kisebb rendszámú kalkofil elemek ionizálódnak, nagyobb vegyértékűvé válnak. Ezáltal a nagy rendszámúak fémes sziderofil jellege a félfémes kötésű típusos kalkofil jellegen keresztül mindinkább az ionos kötésű litofil jelleg felé közeledik.

Ugyancsak ezzel az új szabállyal válik értelmezhetővé *Rankama* és *Sahama* által e táblázat első 4 oszlopának elemein kimutatott összefüggés, mely szerint azok szulfofil jellegé gyengül (oxifiliája erősödik) jobbfelé haladva, másrészt pedig az oszlopokban lefelé haladva a kalkofilia többnyire növekedik.

2. Fordítva van a *pegmatofil*, vagyis a változó vegyértékű főcsoportbeli elemeknél. (A pegmatofilia közelebbi meghatározására a következőkben visszatérünk.) Itt a kisebb vegyértékek elsősorban az alacsonyabb rendszámúaknál jelentkeznek, míg a nagyobb atomsúlyú elemeknél mindinkább növekedik az átlagos vegyérték (3. táblázat). *A pegmatofil elemcsoportok természetbeni vegyértékei tehát nőnek a rendszám (atomsúly) növekedésével :*

3. TÁBLÁZAT

Sc 3	Ti 3, 4	V 2, 3, 4, 5	Cr 3, 6	Mn 2, 3, 4
Y 3	Zr 4	Nb 5	Mo 4, 5, 6	Tc ?
Lantanidák 3 4	Hf 4	Ta 5	W 6	Re 4
Aktinidák 4 6	—	—	—	—

E szabályok alapján az elemek geokémiai csoportosításának kérdése is új megvilágításba kerül.

Az elemeket *Goldschmidt* tudvalevően szidero-, kalko-, lito- és atmofilekre osztotta, aszerint, hogy a meteoritek vas-nikkel-, troilit-, szilikát-fázisában, vagy a levegőben halmozódnak-e fel legnagyobb mértékben. Hasonlóképp történik e három ill. négy fázis elkülönülése a kohászati folyamatokban is, ahol a sziderofil elemek a fém-, a kalkofilek a szulfid-, a litofilek a salak-, az atmofilek pedig túlnyomóan a gáz-fázisban különülnek el.

Goldschmidt arra utalt, hogy a kalkofilia rendszerint a kénhez való nagy affinitást, szulfofiliát jelent, a litofilia pedig oxifiliát.

Ez a beosztás azonban nem mindig egyértelmű. Bizonytalanná válik különösen akkor, ha valamely elem gyakorisága a különböző geofázisokban hasonló (például a foszfor). Általánosságban megállapíthatjuk, hogy éppen az erősen változó vegyértékű elemek okoznak különös nehézségeket e csoportosításban. A Mn-t régebben kohászati viselkedése miatt kalkofilnek tekintették, újabban litofilnek, sőt erősen litofilnek minősítik a szilikát-meteoritekben való legnagyobb dúsulásai alapján. A vanádiumot *Berg* kalkofilnek gondolta, *Leutwein* (10) szerint szidero- és litofilcsoportok közt a középen van, *Rankama* és *Sahama* (11) szerint inkább litofil. A molibdént némelyek sziderofilnek, mások kalko- sőt litofilnek tekintik.

Az ilyen többértelműségek kényszerítőleg következnek abból, hogy a vegyérték-változással alapvetően megváltoznak az elem sajátságai és rokonsági kapcsolatai is. A geokémiai jelleg a változó vegyértékű elemek esetében szükségképpen nem adható meg egyértelműen mindaddig, amíg az elem helyett nem vonatkoztathatjuk határozott ionformájára a meghatározásokat.

A szidero-, kalko-, litofil jelleg tehát nem az elemek, hanem az egyes ionfajták sajátsága. Másszóval: a geokémiai jelleget, vagyis azt, hogy melyik geofázisban halmozódik fel inkább a kérdéses elem, az elektronszerkezet határozza meg. (Viszont az elem abszolut gyakorisága tudvalevően a magszerkezettől függ.)

Legújabban az említett nehézségek elkerülése végett *Rankama* és *Sahama* a földkéreg elemeit két csoportra, szulfo- és litofilekre osztotta (némileg visszatérve *Washington* és *Niggli* régibb kettős osztályozásához, a metallogén és petrogén, ill. az endo- és exogeoszfér csoportosításhoz), aszerint, hogy mennyiségük az oxidos (halogénes)-szilikátos ásványokban, vagy pedig a szulfidos (szelenid-, tellurid, arzenides) ásványokban nagyobb-e.

Ez az elkülönülés tulajdonképp ugyancsak az ionok sajátságán alapul.

A vegyérték növekedésével u. i. a geokémiai csoport-jelleg — csaknem kivétel nélkül — a szidero-, kalko-, litofil-sorrendben következik egymásra, mint azt az 1. fejezetben közölt vizsgálatok alapján készült következő összeállítás mutatja, ahol

1 = sziderofil, 2 = kalkofil, 3 = litofil,

és *a* = szulfofil, *b* = oxifil.

Fe° 1, Fe^{2+} 2—3 *a*—*b*, Fe^{3+} 3 *b*

Ni° 1, Ni^{2+} 2—3

Co° 1, Co^{2+} 2—3, Co^{3+} 3

Pt° 1, Pt^{4+} 2

Cu° 1, Cu^{1+} 2, Cu^{2+} (2) 3,

Ag° 1, Ag^{1+} 2,

Zn° 1(?), Zn^{2+} 2—3 *b*

Cd° ?, Cd^{2+} 2—3,

Hg° 1—2, Hg^{2+} 2 *a*,
Ga^{3+} 2—3 *b*; In^{3+} 2—3 *b*; Tl^{1+} 2—3 *b*,
Ge° 1, Ge^{2+} 2 *a*, Ge^{4+} 3 *b*,
Sn° 1?, Sn^{2+} 2 *a*, Sn^{4+} 2—3 *b*,
Pb° 1?, Pb^{2+} 2—3 *b*, Pb^{4+} 3 *b*,
P^{3-} 1—2, P° 1—2—3(?), P^{5+} 3 *b*,
As^{3-} 1?—2, As° 1—2, As^{3+} 2, As^{5+} 3 *b*,
Sb^{3-} 1?, 2, Sb° 1?—2, Sb^{3+} 2—3, Sb^{5+} 3 *b*,
Bi^{3-} ?, Bi° 2—3, Bi^{3+} 2—3,
S^{2-} 2, S° 2—3, S^{6+} 3 *b*,
Se^{2-} 2, Se° 2—3, Se^{6+} 3,
Li^{1+}, Na^{1+}, K^{1+}, Rb^{1+}, Cs^{1+}: 3 *b*,
Be^{2+}, Mg^{2+}, Ca^{2+}, Sr^{2+}, Ba^{2+}: 3 *b*,
Al^{3+} 3 *b*,
Si^{4+} 3 *b*,
Sc^{3+}, Y^{3+}, La^{3+}, Ce^{2+}, Ce^{3+}: 3 *b*,
Ti^{3+} 3 *b*, Ti^{4+} 3 *b*,
Zr^{4+} 3 *b*,
V° 1?, V^{2+} 2, V^{3+} 3, V^{4+} 3, V^{5+} 3,
Nb^{5+}, Ta^{5+}: 3,
Cr^{3+} 2—3, Cr^{6+} 3,
Mo° 1, Mo^{4+} 2, Mo^{6+} 3,
W° 1(?), W^{6+} 3,
Mn° 1?, Mn^{2+} 2—3, Mn^{3+} 2—3, Mn^{4+} 3 *b*.

Ugyanazon elem különböző ionjainak különféle geokémiai jellege nem jelenti azt, hogy magának az elemnek is ne lenne határozott geokémiai jellege, sőt azt élesebben meghatározhatóvá teszi. Az elem olyan geokémiai jellegű, amilyen a leggyakoribb, legstabilisabb ionjának jellege.

Az elemek geokémiai jellegének pontosabb meghatározására tehát a %-os gyakoriságokat kell geofázisonként rendszeresen összehasonlítani.

Ezekre nézve *Goldschmidt* kezdeményezése óta számos — részben látszólag egymással ellentmondó — adat gyűlt össze. Az elemkoncentrációknak sok nagyságrendre való kiterjedése következtében azonban ezek az adatok grafikus összehasonlítás nélkül nehezen szintetizálhatók, közvetlenül alig áttekinthetők. Megfelelő grafikus kiértékelésük a hiányzó, ill. nehezen meghatározható értékek intrapolálását is lehetővé teheti. Az ilyen összehasonlításnak tudományos jelentőségén kívül gyakorlati fontossága is van, mert ez alapot ad a jövőben felkutatandó, elrejtettebb, nagyobbrészt kisebb koncentrációjú, de kiterjedtebb, nagyobb összérmennyiségű ércelőfordulások kutatásának céltudatos irányításához. Megmutatják e görbék az elemkoncentrációk mai ismeretében a fő hiányainkat is.

A kérdéses diagrammok (2—6. ábra) szerkesztéséhez *Goldschmidt* és *Rankama—Sahama* összeállításain kívül a gyakoribb elemeknél az említett *Daly*, *Johannsen* és *Ferszman*-féle adatokból számított középértékeinket (táblázat a függelékben) használtuk. (A koncentrációk a diagrammon a jobboldali léptékből olvashatók le.) A humolit-jüttja-szaprolit üledékeknél a diagrammban a hamura vonatkozó mennyiségek szerepelnek, kivéve a C, O, N elemeket, ahol az egész kőzetre vonatkozó koncentrációkat adunk meg.

A görbékkel kifejezett értékek természetesen többnyire csak nagyságrendek meghatározását jelentik; egyrészt, mert sokszor csak kevés adat középértékeit képviselik, másrészt, mert egy-egy geofázis sokféle heterogén képződményt foglal össze. Minél kisebb hőmérsékletű, ill a földkéregben minél magasabb helyzetű valamely geofázis, annál nagyobb változatosság jelentkezik azon belül. A kata-, mezo-, epi-hidrotermális fázisok például egyenként egész sor típust jelentenek. Egyetlen folyós-magmás fázison belül is óriási geokémiai változatosság lehet a különféle területek szerint. Ez szükségessé teszi majd geokémiai provinciák elkülönítését, amiben a szomszéd területek, ill. kőzettömegek esetlegesen változó elem-mennyiségeinek hatásán kívül nyilván a lepusztulási mélységnek is nagy szerepe van. Ismereteink fejlődésével tehát szaporítani kell az elkülönítendő geofázisok számát.

A koncentrációk geofázisok szerinti változásainak az egyes elemekre megszerkesztett eloszlási görbéi alapján (2—6. ábrák) hétféle görbetípus különböztethető meg. Ezeket (7. ábra) részben a régi *Goldschmidt*-féle, részben új nevekkel ellátva soroljuk fel: 1. sziderofil, 2. szulfokalkofil, 3. oxikalkofil, 4. a következőkben szorosabb értelemben litofilnak nevezendő, 5. pegmatofil, 6. pneumatofil, 7. atmofil görbetípus. A *Goldschmidt*-féle litofil-csoport itt tehát három (lito-, pegmato-, pneumatofil), a kalkofil-csoport pedig két (szulfo- és oxikalkofil) csoportra oszlik.

Az új vegyérték-szabályok alapján is feltételezhető, hogy az elemek különböző geofázisok szerinti gyakorisági viszonyai ill. geokémiai jellegei végeredményben főleg elektronszerkezeti okokra vezethetők vissza. Ez nyer kifejezést a már közölt (17) atomméretezett hosszúperiódusos diagrammban.

Az egyes geokémiai csoportokat a következőleg jellemezhetjük:

I. *Sziderofil elemek* (vas- és platina-csoport, arany) jellemzői:

1. A szulfid-, de különösen a fémfázisban rendszerint 4—5 nagyságrenddel nagyobb koncentrációban jelennek meg, mint a földi átlagszilikát-fázisban. A gyakoriság az ultrabázisos összetételtől a savanyú felé haladva meredeken csökken. Mélypont a pegmato-pneumatolitos geofázisban. Kisebb dúsulás hidrotermálisan. Az üledékes ciklusban dúsulás főleg az oxiditekben és a szerves anyagú biolitokban. Az üledékes ciklus görbetípusaival egyébként itt nem foglalkozunk. (A 7. ábrában a mélypont balra kissé eltolódott!)

2. Atomszerkezetileg a sziderofil elemeket az jellemzi, hogy vegyérték-elektronjaik alatt egy, a 18-as kiegészülésig 1—3 elektronhiányú héj következik.

Ilymódon a legkűlső (vegyérték)-héjban kb. ugyanannyi elektron van, mint amennyi a teljességig hiányzik az alatta következő héjból. Ezért lehet feltételezni, hogy nagy nyomáson a legkülső héj vegyérték-elektronjai a már említett módon a következő héjba mintegy betolódnak és így kis térfogatú, nagy nyomáshoz alkalmazkodott stabilis, de ugyancsak semleges állapotba kerülnek.

Gyakorisági eloszlási görbéje alapján az arany is a sziderofil elemekhez sorolható, noha a vegyérték-elektron alatti héja teljes 18-as felépítésű. A nagy magtöltése következtében elektronok elhelyeződése azonban oly szoros, hogy a komplett héj elektronjaihoz térben és jellegben igen közel áll a magános legkülső vegyérték-elektron és így azzal a többi sziderofil elemhez hasonlóan mintegy összeolvad.

3. Sziderofil elemek túlnyomóan változó vegyértékűek, noha uralkodó alakjuk a nem ionizált semleges atomállapot.

II. A *szulfokalkofil elemek*et (Cu, Ag, Hg, As, Sb, S, Se, Te, P?, Zn?, Cd?) jellemzi:

1. Legnagyobb koncentrációjuk a szulfid-(troilit)-fázisban jelentkezik. A koncentráció a magmás kőzetekben a savanyodással csökken. Újabb koncentrációs maximum itt is jelentkezik hidrotermálisan. A görbe kevésbbé meredek, mint a sziderofil elemeknél.

Köztük világosan elkülöníthető két alcsoport: a (tiszta) kationalkotók (Cu, Ag, Hg) és a (részben) anionalkotók (As, Sb, S, Se, Te, P).

2—3. Elektronszerkezetileg és vegyértékileg lásd az oxikalkofil elemeknél.

4. Ionizálási energiájuk 8—11 volt.

III. Az *oxikalkofil elemek*et (Ge, Sn, Pb, Ga, In, Tl, esetleg Zn, Cd, P?) jellemzi:

1. A legnagyobb koncentrációt a meteoritek szulfid- vagy fém-fázisában érik el. A szilikát-meteoritokban, ill. az ultrabázikus kőzetekben jelentkező minimum után a koncentráció a savanyodással — ellentétben a szulfo-kakofil elemekkel — újból lassan emelkedik és kb. a legsavanyúbb magmatitoknál, vagy a pegmatitos fázis táján van a maximum. A hidrotermális fázisban esetleg újabb kis maximum jelentkezik. A görbe rendszerint még a szulfokalkofil elemekénél is laposabb, vagyis a koncentrációk a különböző geofázisokban nem nagy mértékben (többnyire 1—2 nagyságrenden belül) ingadoznak.

A *Goldschmidt*-féle kalkofil elemeknek szulfo-oxifil ketté-osztása szükségességére már *Rankama* és *Sahama* ráutalt (*11*. 96—102. lap).

A szulfokalko- és az oxikalkofil elemek alcsoportjai az eddigi adatok szerint nem különíthetők el élesen. A Zn és P átmeneti jellegűnek látszik, a Cd helyzete pedig a két csoport közt teljesen bizonytalan.

2. A szulfo-kalkofil elemeknél a szilikátos elrejtés alárendelt. Az oxikalkofil elemek savanyú magmatit vagy pegmatit fázisbeli maximuma oxigénvegyületek alakjában rendszerint elemrejtéssel jön létre. De a hidrotermális másodlagos maximumban rendszerint itt is szulfofil kapcsolódás történik.

3. A szulfokalko- és oxikalkofil elemeket atomszerkezetileg semleges állapotban az jellemzi, hogy egy komplett 18-as törzs-elektronhéj felett kezd feltöltődni *s*- és *p*-elektronnal a vegyérték-elektronhéj. Ionizáltan tehát 18-as külső héjúak, mint arra már *Goldschmidt* utalt.

A szulfokalkofil elemek esetében ez a feltöltődés vagy csak az *s*-cellára terjed ki, (tiszta kationalkotók), vagy a *p*-cella is már csaknem teljesen feltöltődött (részben anionalkotók).

Az oxikalkofil elemeknél a *p*-cella feltöltődése indul meg.

4. Ennek megfelelően a szulfokalkofil (tiszta kationalkotó) elemek vegyértékei 0—2 közt váltakoznak, a részben anionalkotóké pedig + és — értékek közt nagymértékben ingadoznak.

Az oxikalkofil elemek főleg 2—3—4 vegyértékűek.

5. Az oxikalkofil elemek ionizálódási energiája 5—8 volt.

IV. Az új (szorosabb értelemben vett) *litofil elemcsoport*ot (Na, K, Rb, Cs, Mg, Ca, Sr, Ba, Al, Si) jellemzi:

1. Koncentrációjuk a fém- és szulfid-fázissal szemben a szilikát-fázisban hirtelen több nagyságrenddel nő, majd az ultrabázisos (ill. szilikát-meteorit)-fázistól kezdve lassabban változik. A maximális koncentrációt kb. a savanyú magmás ill. a pegmatitos fázis táján éri el, a Mg és Ca kissé előbb.

2. A normális intruzív-effuzív magmás kőzetek főkristályosodásában többnyire önálló ásványokként együttesen uralkodnak.

3. Vegyértékük nem változik.

4. Elektronszerkezetüket semleges állapotban egy-két *s* és esetleg egy-két *p*-elektron (Al, Si), ionizáltan pedig a külső teljes elektron-oktett jellemzi.

5. Ionizálódási energiájuk 4—8 volt.

V. A *pegmatofil elemek* (Sc, Y, La, és lantanidák Th, U, Ti, Zr, (Hf?), V, Nb, Ta, Mo, W, Mn) jellemzői:

1. A koncentrációjuk a fém- és szulfid-fázisban kevésbbé meredeken emelkedik. Maximális koncentrációjukat a pegmatitos-pneumatolitos fázisban érik el.

2. A meteoritekben és a főkristályosodásban inkább csak elrejtve szerepelnek. Önálló ásványok alakjában együttesen ill. szorosan egymásután a pegmatitos fázisban jelentkeznek, túlnyomóan oxifil módon. Kivétel a Mo[4] (lásd az 5. pontot).

3. Vegyértékük rendszerint nagy (3—6), de ugyanazon elemen belül csak kevéssé változik.

4. A vegyérték-elektronhéj alatt egy—öt *d*-elektront is tartalmazó inkomplett-héj van.

5. A pegmatofil elemek közös jellemvonása a szorosabb értelemben vett litofil elemekkel együtt az oxifilia, ami arra vezethető vissza, hogy ionizálódáskor komplett, nehezen polarizálódó oktetthéj marad vissza, ami az ugyancsak polarizációra kevéssé alkalmas O-nel való vegyületképzésre hajlamosítja ezeket.

A Mo^4 kivételesen szulfofil, mert kicsi erős töltésű, erősen polarizáló ion, tehát könnyen polarizálható igen nagy anionhoz (S^{-2}) vonzódik. Külső héjának 18-as elektronkészlete szintén a kovalens kötőképességét növeli. Különösen növeli szulfofiliáját az, hogy a Mo^4 elektronszerkezete (2, 8, 18, 10) a S^{-2}-vel (2, 8, 8) 18-as komplett közös külső elektronhéj-felszerelést ad.

6. A pegmatofil elemek ionizálódási energiája 7—8 volt.

VI. *Pneumatofil elemek* (Li, Be, B, F, és a többi (?) halogének, C?):

1. A halogénekre vonatkozó adatok hiányossága miatt eloszlási görbetípusuk még határozatlan és nem végleges. A koncentráció az első geofázisokban a pegmatofil elemekéhez hasonlóan növekedik és a maximális koncentráció kb. a pneumatolitos fázisban jelentkezik, ahol együttesen, ill. szoros egymásutánban önálló ásványok alakjában is megjelennek. Flobilitás, illékonyság és egyes üledékes kőzetekben a magmás átlagnál nagyobb dúsulás is jellemzi ezeket.

2. Főleg igen kis rendszámú ill. atomsúlyú elemek tartoznak ide, amelyek ionrádiusza is a vegyértékekhez képest igen kicsiny.

3. Elektronszerkezetüket az atmofil elemek nagyrészével (H, He, C, N, O?) azonos módon az jellemzi, hogy semleges állapotban sincs még egyetlen teljes elektron-oktettjük sem.

4. Az ionizálódási energia 5—8 volt.

VII. Az *atmofil elemek* (H,N,[C, O], nemesgázok) jellemzői:

1. Ezek eloszlási görbéje — különösen a nemesgázokra vonatkozó elegendő adat hiányában — nem jellemezhető általánosan. Valószínűnek látszik, hogy koncentrációjuk az első geofázistól kezdve kifelé többé-kevésbbé fokozatosan nő.

2. Atomszerkezetükre a kis rendszámuknak megfelelő kis elektronkészlet és a pneumatofil elemekénél is kisebb térfogat jellemző. Ebből adódik a szoros egymáshoz kapcsolódás lehetősége: a fennmaradó magvonzás van der Waals kötést hoz létre.

A nemesgázokat a komplett külső héj s ugyancsak a külső elektronhéjon túl is ható magvonzás maradványával létrehozott van der Waals-kötés (gázmolekula-képződés) jellemzi.

3. Az ionizálódási energia 12—22 volt.

Átmeneti helyzetű a *króm* és (némileg a *vanádium*): Eloszlási görbéjük a kalkofil- és a szorosabb értelemben vett litofil-csoport közti speciális típust képvisel. Viszont atomszerkezetük és vegyérték-változékonyságuk a pegmatofilekével egyezik. Az hosszúperiódusos táblázatban is a határon állnak a lito- és pegmatofil-mezők közt.

Bizonytalan marad egyelőre — megfelelő gyakorisági adatok hiányában — a nehezebb *halogének* geokémiai csoporthelyzete. Az eddigi adatok szerint leginkább pneumatofil jellegük van.

A *rövidéletű radioaktív elemek* (Tc, Pm, At, Fa, Po, Ac, Pa) besorolása a természetbeni ritkaságuk következtében kétséges. A Ra eloszlási gyakorisága alapján litofilnek vagy pegmatofilnek tekinthető.

Összefoglalás

1. Az elemek ionizációs foka a kristályosodási hőmérséklet csökkenésével növekedik (2—6. ábra). Ez a tétel a gyakorlat számára támpontot nyujt arra, hogy milyen vegyértékű formában, milyen jellegű ásvány alakjában várható a különböző képződményekben a kérdéses elem.

2. Az ionizációs fok növekedése az egyes elemek elektronszerkezetéből következő ionizálódási hajlamból adódik, ami a keletkező vegyület fémes, szulfidos, vagy oxidos-szilikát jellegét, a szilikátokon belül pedig ezek oxidációjának ill. szilifikációjának mértékét is meghatározza. Végső fokon nem az oxigén-tartalomtól függ az ionizáció ill. a redoxpotenciál, hanem fordítva, a kationok ionizálódási hajlama határozza meg az egyes elsődleges magmás geofázisok kén, ill. oxigén-tartalmát.

Ezzel kapcsolatban fel lehet tételezni, hogy az elemeknek az atommag töltésétől függő határmérete, lehetséges legnagyobb hatásszférája van : ha azt az atom a nyomás csökkenésekor eléri, úgy a hatásszféra a vegyérték-elektronok leszakadásával csökken a határméret alá.

3. A periódusos rendszer kalkofil elemeinek oszlopaiban a változó vegyértékű elemek természetbeni átlagos vegyértéke az atomsúly növekedésével növekedik. A pegmatofil elemek oszlopaiban fordítva, a természetbeni vegyérték az atomsúly növekedésével csökken.

4. Az elemeket a különböző geofázisokban (kőzetféleségekben) észlelt viszonylagos mennyiségei és elektronszerkezetük alapján — *Goldschmidt*, *Rankama* és *Sahama* osztályozásának továbbfejlesztésével — geokémiailag a következőleg csoportosíthatjuk :

a) sziderofil,
b) szulfokalkofil,
c) oxikalkofil,
d) szorosabb értelemben vett litofil,
e) pegmatofil,
f) pneumatofil,
g) atmofil.

Az egyes csoportok jellemzését a 3. fejezet és a 7. ábra tartalmazza.

*

Mindez a hasznosítható elemdúsulások kutatásának elméleti támpontjait, vezérelveit is biztosabb alapra helyezi.

Minthogy a másodlagos üledékes elemdúsulások az elsődlegesek függvényei, a megfelelő másodlagos faciesek vizsgálata alapján kilátás nyílik a régibb, sokszor ma már eltakart elsődleges dúsulások kimutatására. Az elemek, különösen a ritka elemek geokémiai kutatása új utat mutat a Föld szerkezetének, a kőzetek földtani történetének és keletkezésének, az elemek (metamorf) vándorlásának vizsgálatára és a hasznosítható ásványok felkutatására.

Függelék. Néhány késői magmatit közepes összetétele

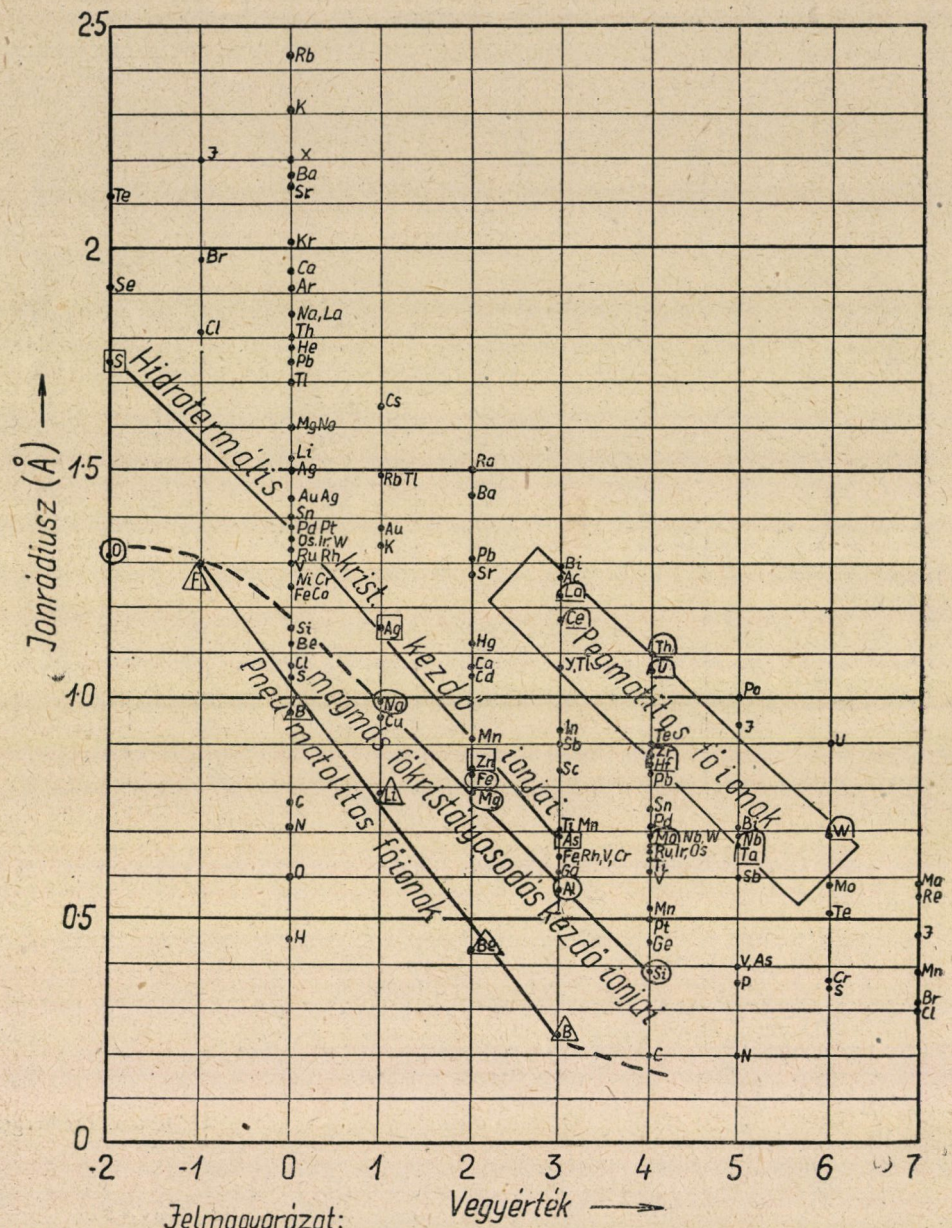
	»Ideális« frásgránit (77% K-.fpát + 23% kvarc)	Pegmatit (7 elemzés középértéke)	Greizen (6 elemzés középértéke)	Esmeraldit Northfieldit, etc. 8 elemzés középértéke	Chibini agpaitos pegmatitok középértéke	Összehasonlításul chibini agpaitos folyósmagmás kőzetek
SiO_2	72,9	72,8	75,63	82,4	49,0	50,0
TiO_2	—	0,06	0,23	0,03	4,0	0,9
ZrO_2	—	—	—	—	3,5	0,1 (?)
Al_2O_3	14,9	14,8	12,96	9,2	8,0	18—19
Fe_2O_3	—	0,6	1,4	0,9	9,5	4—5
FeO	—	0,5	1,9	0,6	6,0	4—5
MnO	—	0,09	0,11	ny	0,5	0,6
CaO	—	0,5	0,89	0,9	4,8	5—6
MgO	—	0,3	0,48	0,5	1,0	2,0
Na_2O	—	2,5	1,91	0,5	9,6	7—8
K_2O	13,0	6,8	2,63	3,1	3,0	3—4
H_2O	—	0,6	0,79	4,6	0,1	1,1
Ritka földek	—	—	—	—	0,2	0
F	—	—	1,08	0,1	0,1	0
Cl	—	0,02	—	ny	0	ny
CO_2	—	0,02	—	0,8	0,2	0.1
P_2O_5	—	0,2	0,07	ny	ny	0,1
BaO	—	ny	0,18	—	—	—
Li_2O	—	—	0,13	ny	—	—
SnO_2	—	—	0,11	—	—	—

IRODALOM

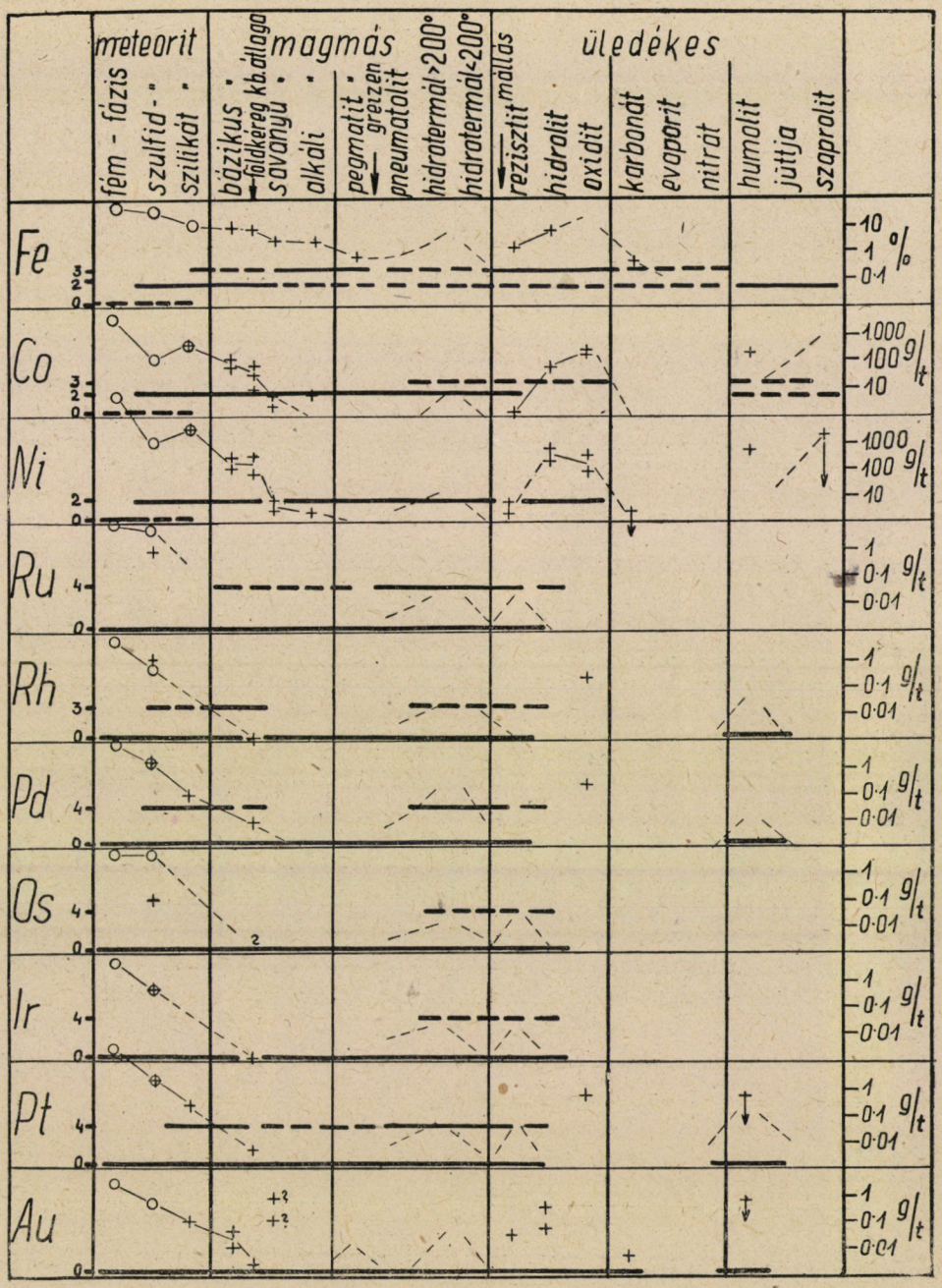
1. *Ferszman—Varlamoff:* Bull. Soc. Geol. Belg. 1947—48. B. 108.
2. *Ferszman:* C. R. A.cad. sci. de URSS, *2.* (1935.) 263—269.
3. *Ferszman:* C. R. Acad. sci. de URSS, *2.* (1935.) 559—556.
4. *Wickman:* Geol. För. Stockholm—Förhandl. *65.* (1943.) 371—396.
5. *Stillwell:* Crystall Chemistry, McGrav—Hill B. C. (1938.)
6. *O'Daniel:* Zt. f. Kryst. *80,* (1932.) 192.
7. *Goldschmidt:* Geol. För. Stockholm Förhandl. *65,* (1943.) *84.*
8. *Gombás:* Statistische Theorie der Atome. Wien, 1949.
9. *Barth.* Journ. of. Geology, *56,* (1948.) 41.
10. *Leutwein:* Geochemie u. Vorkommen d. Vanadiums. XVIII. Ber. d. Freiberger Geol. Ges. 1941.
11. *Rankama—Sahama:* Geochemistry, 1950.
12. *Daly:* Igneous rocks and the Depth of the Earth, 1933.
13. *Johannsen:* Descriptive Petrography of the igneous rocks, 1931—38.
14. *Ferszman:* Geochemische Migration der Elemente. 1929.
15. *Scserbina:* Doklady Acad. Sci. URSS. XII. (1939.) 503.
16. *Szádeczky:* Földtani Közlöny, LXXXI. (1951.)
17. *Szádeczky:* Magy. Kém. Lap. 1952. 12.

Az előadáshoz hozzászólt:

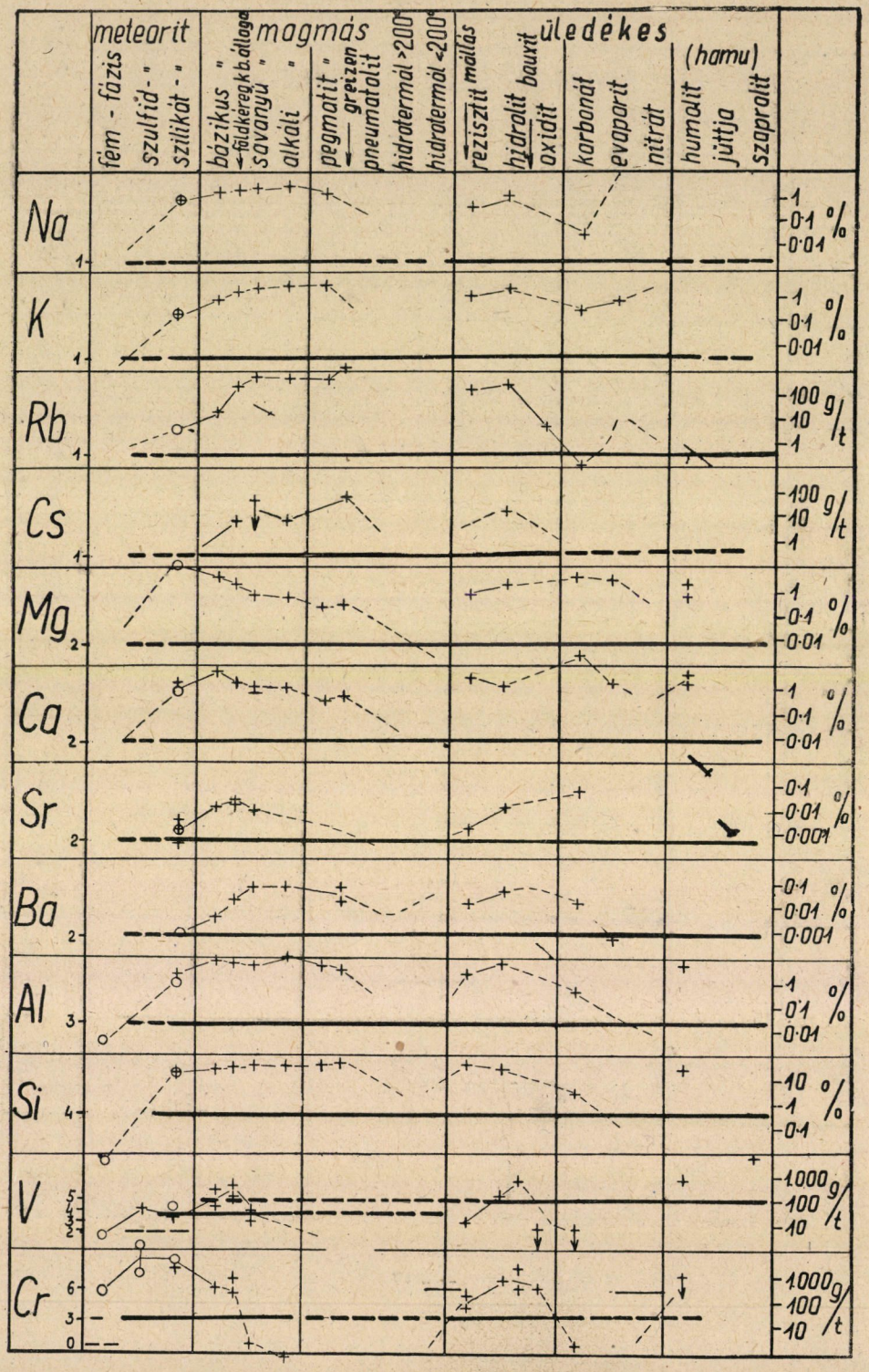
FÖLDVÁRI A., TOKODY L.,
LEUTWEIN FR. (FREIBERG) VADÁSZ E.


Jonrádiusz (Å)
Vegyérték
Hidrotermális kezdő-ionjai
Pegmatitos fő-ionok
Pneumatolitos fő-ionok
magmás főkristályosodás kezdő-ionjai
Jelmagyarázat:
Főkristályosodás kezdő-ionjai
Pegmatitos fő-ionok
Pneumatolitos fő-ionok
Hidrotermális kezdő-ionok

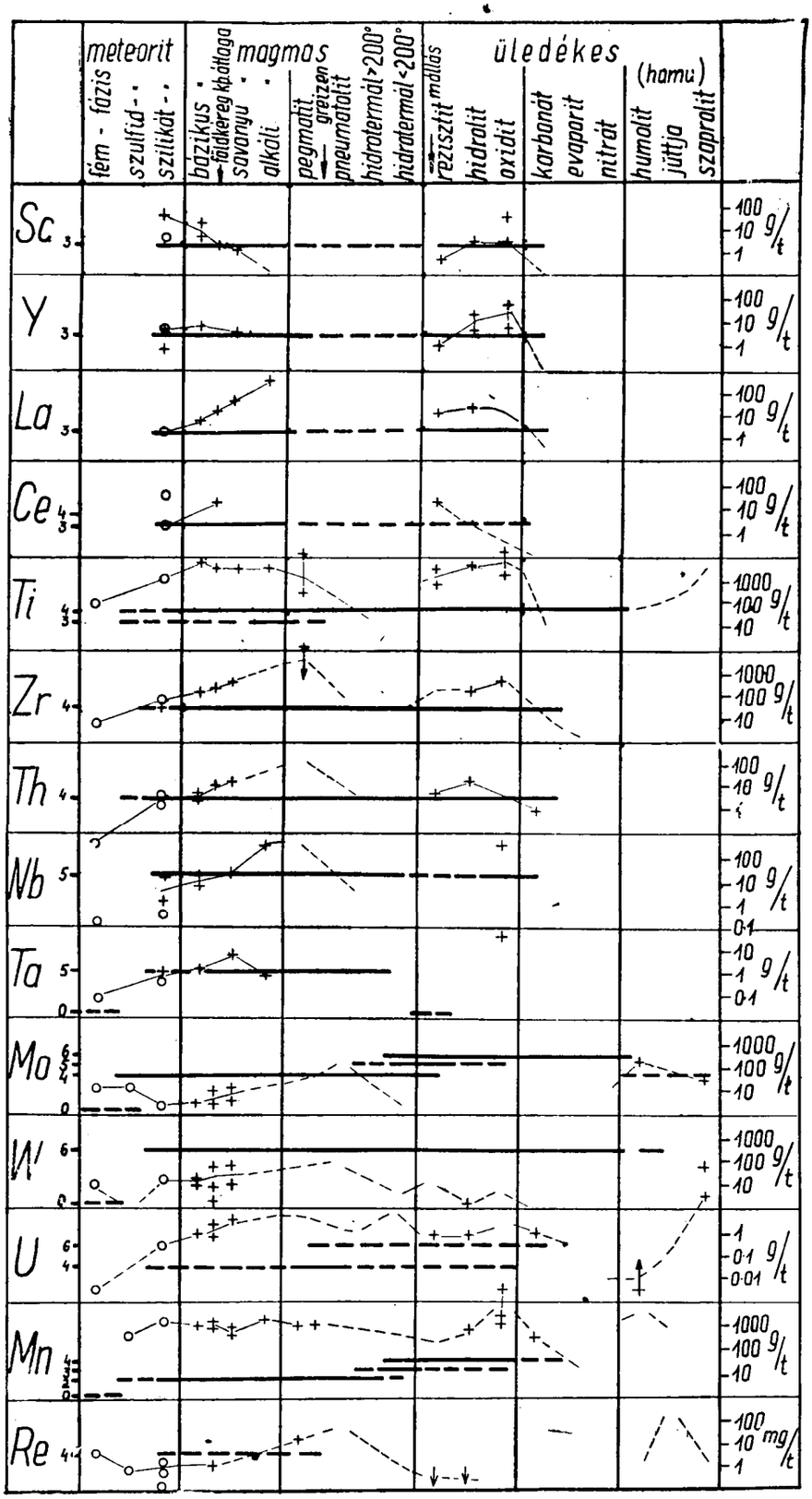
1. ábra.


meteorit
fém - fázis
szulfid - "
szilikát "
magmás
bázikus "
savanyú "
alkáli
pegmatit "
pneumatolit
hidrotermál >200°
hidrotermál <200°
üledékes
rezisztit
hidrolit
oxidit
karbonát
evaporit
nitrát
humolit
jüttja
szaprolit
Fe
Co
Ni
Ru
Rh
Pd
Os
Ir
Pt
Au
10
1
0·1 %
1000
100 g/t
10
1
0·1 g/t
0·01

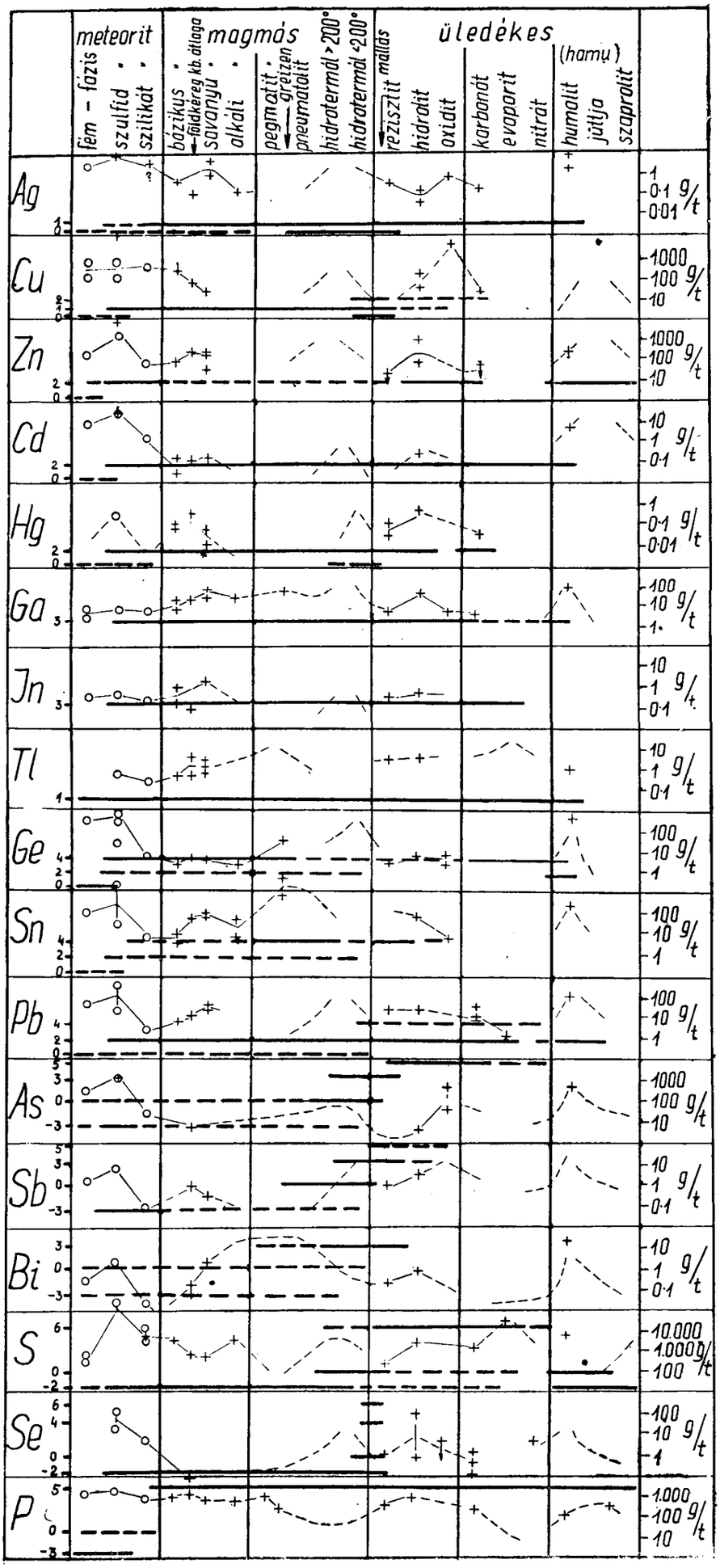
2. ábra


meteorit
fém - fázis
szulfid - "
szilikát - "
magmás
bázikus "
földkéreg kb. állaga
savanyú "
alkáli "
pegmatit "
greizen
pneumatolit
hidrotermál >200°
hidrotermál <200°
üledékes
rezisztit
mállás
hidrolit
bauxit
oxidit
karbonát
evaporit
nitrát
(hamu)
humolit
jüttja
szaprolit
Na
K
Rb
Cs
Mg
Ca
Sr
Ba
Al
Si
V
Cr
1
0·1
0·01
%
100
10
1
g/t
0·001
1000
100
10

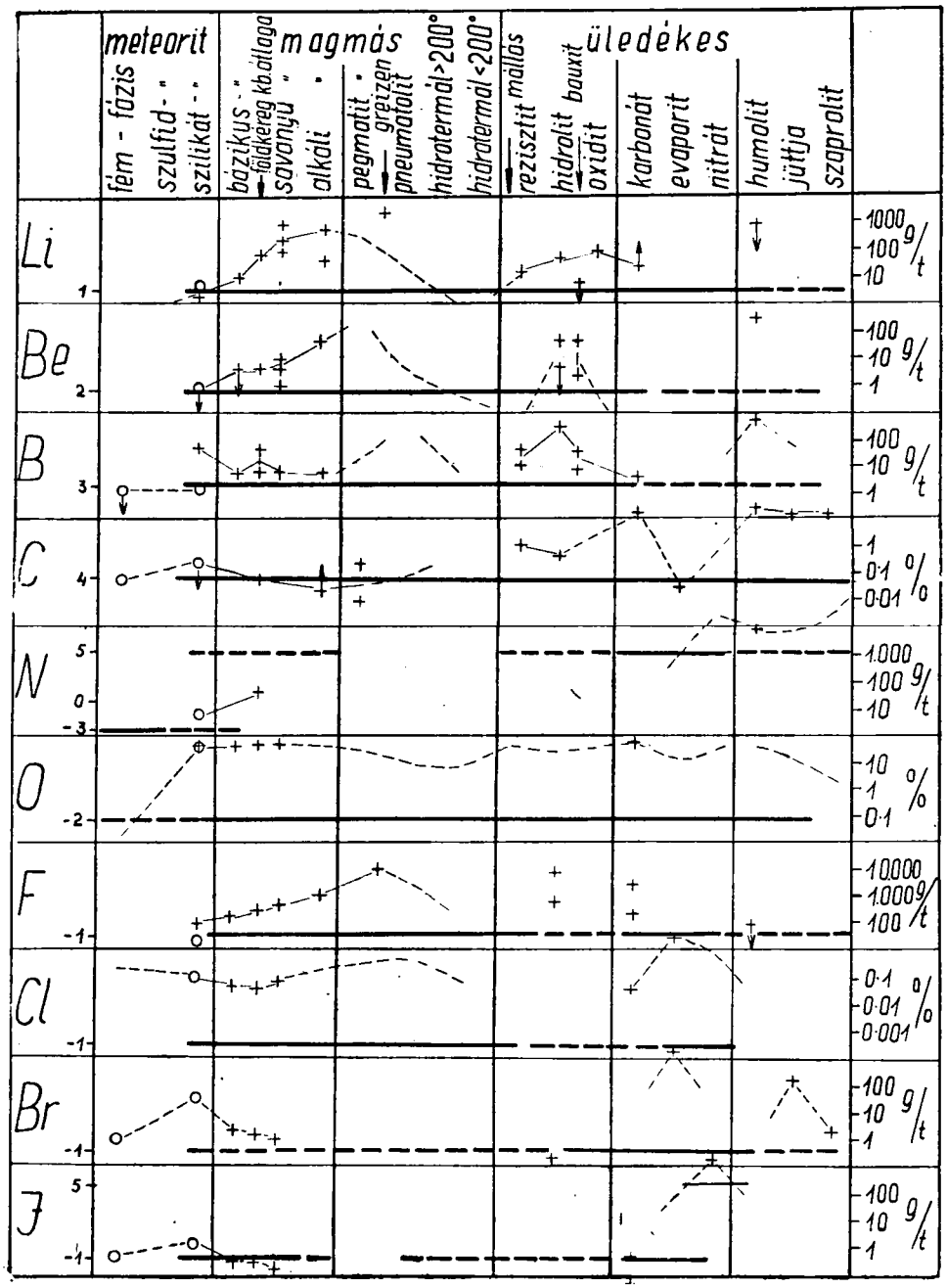
4. ábra


meteorit
fém - fázis
szulfid - -
szilikát - -
magmás
bázikus
savanyú
alkáli
pegmatit
pneumatolit
hidrotermál >200°
hidrotermál <200°
üledékes
rezisztit
hidrolit
oxidit
karbonát
evaporit
nitrát
(hamu)
humolit
jüttja
szapralit
Sc
Y
La
Ce
Ti
Zr
Th
Nb
Ta
Mo
W
U
Mn
Re
g/t
mg/t

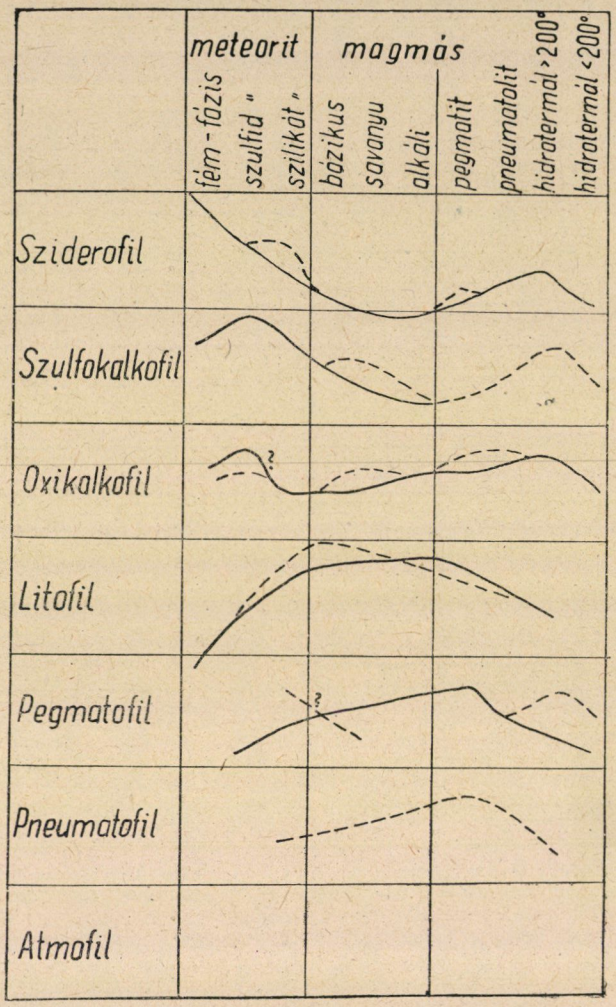
5. ábra


meteorit
fém – fázis
szulfid " "
szilikát " "
magmás
bázikus "
földkéreg kb. átlaga
savanyú " "
alkáli " "
pegmatit "
greizen
pneumatolit
hidrotermál > 200°
hidrotermál < 200°
üledékes
rezisztit " maradás
hidrolit
oxidit
karbonát
evaporit
nitrát
(hamu)
humolit
jütlja
szapropelit
Ag
Cu
Zn
Cd
Hg
Ga
In
Tl
Ge
Sn
Pb
As
Sb
Bi
S
Se
P
g/t

3. ábra


meteorit
fém - fázis
szulfid - "
szilikát - "
magmás
bázikus - "
földkéreg kb.átlaga
savanyú "
alkáli "
pegmatit "
greizen
pneumatolit
hidrotermál>200°
hidrotermál<200°
üledékes
mállás
rezisztit
hidrolit
bauxit
oxidit
karbonát
evaporit
nitrát
humolit
jüttja
szaprolit
Li
Be
B
C
N
O
F
Cl
Br
J
g/t
%

6. ábra


meteorit
magmás
fém-fázis
szulfid „szilikát"
bázikus
savanyu
alkáli
pegmatit
pneumatolit
hidratermál >200°
hidratermál <200°
Sziderofil
Szulfokalkofil
Oxikalkofil
Litofil
Pegmatofil
Pneumatofil
Atmofil

7. ábra

HAZAI KŐSZENEK RADIOLÓGIAI VIZSGÁLATA

SZALAY SÁNDOR
(Debreceni Tudományegyetem)

Az atommagfizika nagyarányú fejlődése nagymértékben felkeltette az érdeklődést radioaktív anyagok (az urán és tórium) előfordulása iránt. 1947 tavasza óta munkaközösségben rendszeresen folytatunk kőzetradiológiai vizsgálatokat magyarországi eruptív és üledékes kőzeteken. E vizsgálatok atomfizikai részét a szerző, földtani irányítását *Földvári Aladár* végzi.

Eddigi, jórészben már közzétett vizsgálataink felölelték a mérőberendezések kifejlesztését és eklészítését, valamint a mérési módszerek szabványosítását.[1][2][3] Nagyjából átvizsgáltuk a Velencei-hegység fontosabb kőzeteit, valamint környéke talajainak a hegységtől távolodva fokozottan csökkenő radioaktivitását.[4] 1949 nyarán a Mecsekhegység kőzeteinek radioaktivitását vizsgáltuk meg.[5]

A fent felsorolt vizsgálatok célja az volt, hogy *Goldschmidt* és *Vernadszkij* felfogása nyomán felderítsük a tóriumnak és az uránnak mint nyomelemeknek ciklikus vándorlását a természetben.

Ezek szerint megvizsgálandó volt, hogy

a) mely kőzetek tekinthetők hazai viszonylatban e nyomelemek ősforrásainak ?

b) milyen folyamatok szabadították fel azokat e kőzetekből és juttatták be a természet körforgásába ?

c) e körforgás folyamán hol és milyen folyamatok által dúsulhattak fel e nyomelemek és hova lettek végeredményben ?

A vándorlás (migráció) fent vázolt folyamatainak felderítése nemcsak tudományos szempontból nagyon érdekes kérdés, hanem gyakorlati irányú nyersanyagkutatás számára is komoly tudományos alapot nyújthat.

Arra a kérdésre, hogy mely kőzetek tekinthetők hazai viszonylatban e nyomelemek ősforrásainak már fent felsorolt első vizsgálataink feleletet adtak. Megállapítottuk, hogy mind a Velencei,[1][4] mind a Mecsek[5] hegység savanyú eruptív kőzeteinek aránylag jelentős, tonnánként kb. 8—10 gramm urán és kb. 40—70 gramm tórium tartalma van. A földkéreg átlagos urán tartalma (*Goldschmidt* szerint) 4 gr U/tonna és átlagos tórium tartalma ennek kb. háromszorosa. Tehát előbbi megállapításunk annyit jelent, hogy e dunántúli

savanyú eruptív kőzetek urán tartalma a földkéreg átlagosánál kb. 2—2,5-szer nagyobb, a tórium tartalma viszont 3—5-ször nagyobb a földkéreg átlagánál. E két hegység viszonylagos nagy távolsága ellenére megegyező radioaktivitásából arra következtethetünk, hogy a Dunántúlon a földtörténet folyamán feltehetően a masszivumokban lévő savanyú eruptív kőzetek tekinthetők e területen az urán és tórium ősforrásainak. Ezek lepusztulása révén kerültek e nyomelemek a természet körforgásába. További feladatunk volt vándorlásukat nyomon követni. Megállapítottuk, hogy a Velencei-hegység és a Mecsekhegység környékén a legfiatalabb üledékes kőzetek radioaktivitása e hegységektől távolodva határozottan csökken.[4][5])

A felhalmozódás első nyomát 1949 augusztusában a mecsekszabolcsi Lantos-völgyben észleltük. Tulajdonképpen az ott található essexit telért vizsgáltuk, azonban ötletszerűen az ottlevő liász szenes agyagpala kibúváson is végeztünk méréseket. Meglepetésünkre az aktivitás nagyobbnak adódott minden azelőtti vizsgálat eredményénél. Ez terelte figyelmünket a hazai kőszenekre és azokat kísérő szenes agyagpalákra. Az olajkutatás irodalmából különben ismeretes, hogy a bitumenes paláknak néha jelentős aktivitásuk van.[7])[8])[9])[10])

Ismeretes volt továbbá a svédországi olajpalák és »kolm« szénlencsék aránylag nagy aktivitása.[11]) Az utóbbiakból (a kolmból) az urán kitermelését, legújabb értesüléseim szerint kísérleti üzemben már el is indították.[12]) Ugyanezek a kambrium-ordovicium korú palák nagy tömegekben és hasonló radioaktivitással Leningrád környékén a felszínen is fellelhetők.[13] Hazai kőszenekre és szenes agyagpalákra vonatkozó elgondolásunkat közöltük *Vitális Sándorral*, aki azt a legnagyobb mértékben helyeselte és megértő támogatásával segítségünkre volt. Lehetővé tette, hogy szénbányákban kutathassunk és a hazai fontosabb kőszénbányákból laboratóriumi vizsgálatra kőszénmintákat kaphassak.

Földvári Aladárral 1950 augusztusában a Komlói Állami Szénbánya részletes radiológiai felvételezését végeztük el.[14] E részletekbe menő helyszíni vizsgálatok kiterjedtek a kőszénrétegekre és a szenes agyagpalákra, az azokat kísérő üledékes kőzetekre, valamint itt-ott fellelhető eruptív kőzetekre, sőt még a környékbeli erőműtelep salakhányóira is. A vizsgálatok eredménye igazolta várakozásunkat. A szenes agyagpalák és kőszénrétegek radioaktivitása számos helyen (de nem mindenütt) felülmúlja az ősforrásnak tekintett eruptivumok aktivitását. Nyilvánvaló tehát, hogy feldúsulás lépett fel. Hasonló aktivitást észleltünk a pilisszentiváni altáró üzem egyes rétegeiben.[15] Itt észleltük eddig a legnagyobb aktivitást, a kozmikus sugárzás 10—12-szeresét. Ez tórium ekvivalensekben tonnánként 100 grammot meghaladó mennyiségnek felel meg. Az aktivitás pontos összetételét (urán és tórium aránya) még nem ismerjük. A kőszénbányákban vagy terepen végzett részletes felvételezésekről és az eredmények földtani kiértékeléséről *Földvári Aladár* számol be.

A következőkben azokról a laboratóriumi vizsgálatokról szeretnék beszámolni, amelyeket 1951 nyarán a debreceni egyetem Kísérleti Fizikai Intézetében végeztem. E vizsgálatok célja az volt, hogy egyrészt az urán és tórium vándorlásának további fokozatait tisztázzam, másrészt minden magyarországi kőszéntelepről hozzávetőleges tájékozódó képet kapjak.

Hangsúlyozom, hogy e vizsgálatok mintegy vakpróba jellegűek és céljuk bányában történő helyszíni vizsgálatok terén évtizedes időmegtakarítás. Ilyen gyors tájékozódó, áttekintő vizsgálat alapján már eleve fontossági sorrendet állapíthatunk meg a bányák részletes felvételezésének tekintetében.

Vitális Sándor intézkedésére és irányításával sorozatosan és folyamatosan kapok geológusoktól gondosan begyűjtött kőszénmintákat Magyarország szinte minden kőszénbányájának fontosabb kőszéntelepeiből. Egy-egy minta kb. 60—100 kg-os ládát tölt meg. A vizsgálatot úgy végeztem, hogy a ládában lévő szén közepébe Geiger—Müller számlálócsövet dugtam és megvizsgáltam a gamma sugarak beérkezése következtében percenként észlelhető impulzusok számát. E számból levontam a kozmikus sugárzásból eredő impulzus számot és a kapott különbséget elosztottam a kozmikus sugárzás impulzusainak a számával. Így a minták radioaktivitására eddigi vizsgálataimhoz hasonlóan[1][2][3] egy mérőszámot kaptam, amit a táblázatban »radioaktivitási hányados«-nak neveztem el. Ez a hányados félkvantitativ módon jellemzi a vizsgált anyag rádióaktiv tartalmát. Régebbi vizsgálataim[1][2][3] szerint nagy kiterjedésű kőzetben furatba helyezve a számlálócsövet, 5—6 radioaktivitási hányadosnak kb. 80 gramm tórium gamma ekvivalens radioaktív anyag tartalom felel meg tonnánként. Ez az aktivitás tóriumtól, urániumtól, továbbá nem számottevő mértékben káliumtól eredhet. Ha a mérést nem végtelen kiterjedésű kőzetben, hanem a fent jelzett módon egy láda kőszénmintán végezzük, akkor valamivel (kb. 20—30%-kal) kisebb impulzus számot kapunk. A tórium és urán mennyiségi viszonyának pontos megállapításához pontos laboratóriumi emanométeres vizsgálatokra lesz szükség, amelyek rendkívül fáradságosak és időtrablók, s ezért csak a legaktívabb mintákon fogom azokat elvégezni.

A következő táblázatban felsorolom az eddig beérkezett mintákon végzett mérések eredményeit. Az utolsó oszlopban az aktivitás kiértékelése úgy történt, hogy azon kőszénmintákat, amelyek »radioaktivitási hányadosa« 0—1 között van *inaktívaknak*, amelyeké 1—2,5 között van *gyengén aktívaknak* és amelyeké 2,5-ön felül van, azokat *aktivaknak* minősítettem. E tájékozódó mérések azt mutatják, hogy az aktívaknak minősített kőszenek aktivitása egyik mintánál sem haladja meg, urán tartalomban számítva, a 0,01%-ot, de attól nem marad el messze. *Russel*[8] szerint az olajpalák radioaktivitása túlnyomórészben (kb. ¾ részben) urántól, és csak kisebb részben tóriumtól ered.

Könnyebb áttekinthetőség kedvéért az I. táblázat adatait Magyarország térképén tüntettem fel. *Vitális István*[16] nyomán a térképbe berajzoltam Magyarország ismert kőszéntelepeit. Minden telep mellé annyi kört rajzoltam víz-

I. TÁBLÁZAT

MAGYARORSZÁGI SZÉNBÁNYÁKBÓL BEGYÜJTÖTT MINTÁK RADIOAKTIVITÁSA

Minta begyüjt. sorsz.	Bánya neve	Mező	Szint	Telep	Mintavétel helye	Szénfajta neve	Radio-aktivitási hányados	Aktivitás kiértékelése
1.	Petőfi b. Selyp	Déli 2	hármas főtelep	hármas főtelep	Déli gyüjtővágat a 2 front Ny-i légvágattól K-re 120 m-re	földes fás barnakőszén (lignit)	0,0	inaktív
2.	Petőfi b. Selyp	Déli 1	«	«	D/1 2. sz. É-i frontelőkészítő vágat, fordító korongtól Ny-ra 16 m	«	0,0	«
3.	Petőfi b. Selyp	Déli 2	«	«	D2, 2. sz. frontelőkészítő K-i légvágat, gyüjtővágattól 112 m-re	«	0,0	«
4.	Petőfi b. Selyp	Északi 2	«	«	E 2, 1. sz. frontelőkészítő vágat gyüjtővágattól 74 m-re	«	0,0	«
5.	Petőfi b. Selyp	Rózsa IX. aknamező	«	«	Fővonal vége	«	0,0	«
6.	Petőfi b. Selyp	«	«	«	Robbanóanyagraktár 2. sz. fülke 4 m-ből	«	0,0	«
14.	126-os alacskai b.	IV. akna	—	I.	IV. ereszke mélyítés	barnakőszén	0,0	«
15.	124. Sajókazinci b.	Terv táró	—	IV.	Déli ereszke I. sz. sikló vájvég	«	0,0	«
16.	Rudolf telep	Ereszkei	—	IV.	IV-es akna, Ereszkei mező, baloldali légvágat, 9-es munkahely	«	0,0	«
18.	Albert telep	I/II ereszke	—	IV.	I/II ereszke, 5-ös munkahely	«	0,0	«

19.	131. Ormospusztai bányaüzem	I. sz. lejtős akna	I.	IV.	Makalica-féle gurító IV. telepi elővájás	barnakőszén	0,0	inaktív
20.	135. sajókazal b ü.	Szeles lejtős akna	—	IV.	Akna védpillér	«	0,0	«
21.	126. alacskai b. ü.	IV. akna	—	III.	III. ereszke, jobb gurító	«	0,0	«
22.	131. ormospusztai b. ü.	II. akna	felső pad	V.	Új frontelőkészítés az akna baloldali mezejében, Fazekas-f. munkah.	«	0,0	«
24.	131. ormospusztai b. ü.	II. akna	alsó pad	V.	Az új robbantószer raktárnál	«	0,0	«
25.	Diósgyőri Szt Annab.	Déli fővonal	II.	vastag telep	II. siklóból kiágazó elővájás	«	0,0	«
26.	Diósgyőri Szt Annab.	«	I.	vékony telep	II. sikló felső végén elővájás	«	0,0	«
43.	Bánfalva	Jobboldali déli	—	V.	IV. ereszke, 10-es elővájás	palás szén	1,1	gyengén aktív
44.	Kondói 122-es bányaüzem	—	—	II.	Nyugati alapvágat	barnakőszén	0,0	inaktív
46.	Kurittyán	Csereterületi ereszke, I. sz. munkahely	—	V.	Csereterületi ereszke I. sz. munkahely	«	0,0	«
47.	Diósgyőri Szénb. Márta lejtősakna	Márta lejtősakna	I.	Wiesner-telep (vékony)	Fősikló, Déli légvágat	«	0,0	«
50.	Ajkai Szénbányák	Felső Csinger	—	3. sz. telep	Gizella-táró, ÉK-i fejtőmező, 3. keresztvágat	«	1,0	«
51.	Ajkai Szénbányák	«	—	légközle-telep	Gizella-táró, ÉK-i fejtőmező, 3. keresztvágat kezdése	«	1,8	gyengén aktív

Minta begyüjt. sorsz.	Bánya neve	Mező	Szint	Telep	Mintavétel helye	Szénfajta neve	Radio-aktivitási hányados	Aktivitás kiértékelése
52.	Táncsics akna Padrag	Déli bánya-mező	+ 30	II.	14-es csapat	barnakőszén	4,6	aktív
53.	Várpalotai szénbányák	Cseri üzem	—	alsópad	Hajdu-sikló párhuzamosának alsópadi csapás vágatából	lignit	0,0	inaktív
56.	Ajkai Szénbányák V.	Jolán-akna	—	Lajos-t.	Lajos-telep 2. sz.	barna kőszén	4,1	aktív
57.	Ajkai Szénbányák V.	«	—	II. sz.	Keleti fejtőmező 1. sz.	«	2,4	gyengén aktív
58.	Ajkai Szénbányák V.	«	—	I. sz.	Keleti fejtőmező 1. sz	«	3,2	aktív
59.	Ajkai Szénbányák V.	«	—	III.	Keleti fejtőmező 1. sz.	«	1,0	inaktív
60.	Ajkai Szénbányák V.	Ármin-akna	II.	3. telep	72. 1. p. alatt, baloldali szintes vágat	«	5,0	aktív
61.	Várpalotai Szénbánya	Ernő-mező	— 35.	—	Északi fejtőmező, front kezdete	lignit	0,0	inaktív
62.	Vértes-Bakonyi Szénb., Kisgyón	Uj-tároi	228	I.	Új-tárói alapvágat	barnakőszén	4,5	aktív
63.	Vértes-Bakonyi Szénb., Kisgyón	«	225 m	II.	Új-tárói alapvágat	«	5,7	aktív
64.	Vértes-Bakonyi Szénb., Pusztavámi Üzemvezetősége	Déli mező	+111,117 m	I.	4-es sikló jobboldali betörés	«	0,0	inaktív
65.	Vértes-Bakonyi Szénb., Pusztavámi Üzemvezetősége	Északi mező	+ 103 m	II.	5-ös sikló alapközlője elővájásból	«	1,0	«
66.	Vértes-Bakonyi Szénb., Pusztavámi Üzemv.	Északi mező	103	III.	5-ös sikló alapközlője elővájásból	«	1,0	«

87.	Berentei 123-as bányaüzem	III. t. 28. munkahely	—	III.	III. telep, északi főereszke, 28. munkahely	barnakőszén	0,0	inaktív
88.	Berentei 123. b. ü.	II-es telep pótereszke	—	II.	II. telep, pótereszke	«	0,0	«
89.	Sajószentpéteri 121. b. ü.	XXIV. sikló	—	II.	XXIV-es sikló előrehajtás	«	0,0	«
90.	Sajószentpéteri 121. b. ü.	X. ereszke	—	III.	X. ereszke, jobboldali 2. osztó	«	0,0	«
91.	Diósgyőri szénb. Márta-lejtősakna, Diósgyőr	Márta-lejtősakna	II.	Adriáni (vastag)	V. jobb osztó	«	0,0	«
92.	135-ös sajókazai bányaüzem	sajókazai lejtősakna	—	V.	baloldali feltáró vágat	«	0,0	«
93.	141. Szuhakállói bányaüzem	Végállomás	—	V.	Végállomás, frontelőkészítő vágat	«	0,0	«
94.	142. Edelényi bányaüzem	I. akna, X. ereszke, Északi I. fővonal	—	I.	I. akna, X. ereszke, Északi I. fővonal, feltűzéses pillérfejtés	«	0,0	«
95.	142. Edelényi bányaüzem	II. akna, Déli fővonal	—	II.	II. akna, Déli fővonal, Feltárás	«	0,0	«
96.	141. Szuhakállói bányaüzem	Északi ereszke	—	IV.	Északi ereszke pillére	«	0,0	«
101.	Nagymányok	Antal	V/a	10.	III. haránt 10-es telep vágat	aknaszén	0,5	«
102.	Nagymányok	Antal	V/a	9.	III. haránt 9. telep csapásvágat	«	2,0	gyengén aktív
103.	Nagymányok	Rezső	IV.	7.	főkeresztvágat 7. telep, csapásvágat	«	2,0	«
104.	Nagymányok	Rezső	IV.	3.	főkeresztvágat 3. telepi csapásvágat	«	2,5	aktív

Minta begyüjt. sorsz.	Bánya neve	Mező	Szint	Telep	Mintavétel helye	Szénfajta neve	Radio-aktivitás hányados	Aktivitás kiértékelése
105.	Hidas bánya	—	táró	4.	tárószinti I. sz. ereszke	aknaszén	0,0	inaktív
106.	Hidas bánya	—	táró	5.	tárószinti I. sz. ereszke	«	0,0	inaktív
107.	Hidas bánya	—	táró	3.	tárószint 5. csapásvágat	«	0,0	inaktív
121.	Tatabánya XIV. akna	VI. akna mellett	+ 90	Kistelep	Furólyuk mögött	Kistelepi	0,0	inaktív
122.	Tatabánya XIV. akna	Északi határsikló alapközle	+ 75	Főtelep közép és fedüszén határ	Északi határsikló alapközle	Főtelepi szén és fedűszén határ	0,0	inaktív
123.	Tatabánya XIV. akna	I. DNy-i siklópillér	+ 58	Főtelep alsópad	I. DNy-i siklópillér, 1. szint, 1 osztó	palás szén	6,0	aktív
124.	Tatabánya VIII. akna	Északi II. sikló pillér	I.	«	539. sz. munkahely	palás (III. karós)	0,0	inaktív
125.	Tatabánya VIII. akna	Északi II. sikló pillér	I.	Főtelep felsőpad	501. sz. munkahely	jó min. szén	0,5	«
126.	Tatabánya Sikvölgyi akna	Déli bányamező	II. sikló, II. sz.	«	Déli bányamező XII. sikló	jó min. barnaszén	0,0	«
127.	Tatabánya Sikvölgyi akna	Déli bányamező	XII. sikló II. szint	Főtelep alsópad	Déli Bányamező XII. sikló	T karós szén	0,0	«
128.	Tatabánya XII. akna	Északi bányamező	+ 30	« barna t.	Északi 949-es volt elővájás	jó min. barnaszén	0,0	«
129.	Tatabánya XII. akna	«	+ 33	Főtelep felsőpad piros t.	Északi alapközle zsomp mögötti vájat kezdete	«	0,0	«

130.	Tatabánya XII. akna	Északi bányamező	+ 38	Fedőtelep alsópad (kéktelep) Beágyazásos	II. É-i szállító ereszke kihúzó légvágata	jó min. barnaszén palás beágyazással	0,0	inoktív
131.	Tatabánya XII. akna	Déli bányamező	+ 42	Közép telep (zöld)	Déli végállomás	barnaszén	0,0	«
133.	Tatabánya XV. akna	Északi bányabányamező	— 93	Főtelep felsőpad	Északi fősikló 63. sz. csapat új légközle.	jó min. barnaszén	0,0	«
134.	Oroszlány XIX. akna	Légakna	—	«	Légakna oldala	barna kőszén	0,0	«
137.	Oroszlány XVIII. akna	Ny-i (V. osztói) bányamező	+ 135	Főtelep alsópad	V. osztó, I. alakpözle 52. sz. csapat munkahelye	palás szén	0,0	«
138.	Oroszlány XVIII. akna	Ny-i V. osztói bányamező	+ 137	Főtelep felsőpad	V. osztó, I. alakpözle 52. cs. munkahelye	jó min. barnaszén	0,0	«
140.	Oroszlány XVI. akna	Déli bányamező	+ 112	«	23 front jobbszárny, 13. sz. csapat munkahelye	«	0,0	«

szintes sorba, ahány minta érkezett be vizsgálatra az illető terület fontosabb kőszéntelepeiből. Az üres körök inaktív, a félig töltött körök gyengén aktív, a tömör körök aktív mintákat jelölnek. (L. térkép.)

Mint a térképen látható, ezek a tájékozódó vizsgálatok máris jelentős áttekintést nyújtanak a magyarországi kőszenek radioaktivitásáról. Kiderül, hogy az ózdi, miskolczi, egri, mátravidéki kőszéntelepek teljesen inaktívak. Ugyanígy teljesen inaktívak a Dunántúl fiatalkorú (Hidasd, Várpalota) lignitjei is. E bányák részletes helyszíni radiológiai átvizsgálását már eleve elejthetjük és azzal évek munkáját takaríthatjuk meg. Csak a Dunántúl idősebb (liász, illetve kréta) kőszenei és szenes agyagpalái azok, amelyek között radioaktivakat is találtam. Ezek azok a kőszénbányák, amelyek a Mecsek-hegység és a Velencei-hegység területén maradványokban még a felszínen is fellelhető gránit területektől nem túl nagy távolságra feküsznek. E vizsgálatok még nem befejezettek, a minták most is folyamatosan érkeznek. Amelyik bányatelep neve mellett nincs karika, onnan még nem vizsgáltu k mintákat.

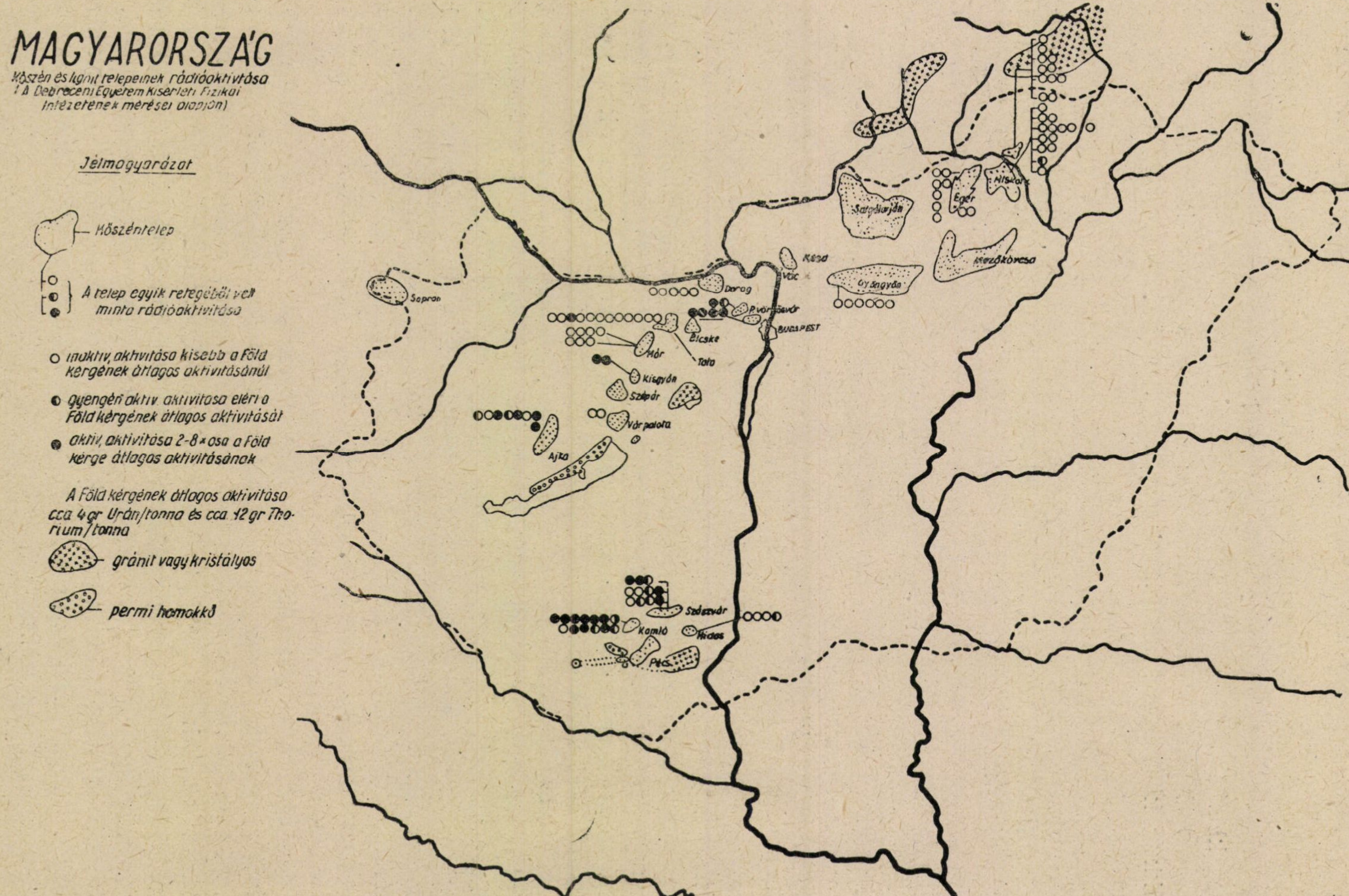
Az eddigi vizsgálatok eredményét röviden összefoglalva, ezek igazolják. azt a feltevést, hogy e nyomelemeknek a savanyú eruptivumok az ősforrásai és azokból kerültek valahogyan szenes agyagpalákba, ill. kőszenekbe. E vándorlás régen az idősebb földtani korszakban (liász, ill. krétakorban) erőteljesebb volt, ezzel szemben a fiatal hidasdi, valamint várpalotai barnakőszén teljesen inaktív volta arra mutat, hogy fiatalabb (miocén) korban a radioaktivitás ősforrását képező kőzetekből nagyobb arányú lepusztulás már nem lehetett.

1951 nyarán végzett további laboratóriumi vizsgálataim célja az volt, hogy a vándorlás további fokozatait részletekben is tisztázzam. Milyen vegyület alakjában mehetett az urán az eruptív kőzetekből oldatba és miért dúsult fel éppen a szerves élettel kapcsolatban a szénrétegekben és szerves palákban

Az urán kémiájának tanulmányozása során arra a meggyőződésre jutottam, hogy bár az urán erős szervetlen savakkal számos jól oldódó vegyületet alkot (nitrát, szulfát, klorid), oldása mégsem ilyen alakban történhetett, hanem komplex karbonát vegyület formájában. A természetben, a vízben leggyakrabban előforduló sav kétségtelenül a szénsav. Az urán szervetlen savakban csak erősen savanyú közegben oldódik, ezzel szemben akár nátriummal, akár káliummal vagy ammoniummal rendkívül jól oldódó komplex karbonátokat alkot; $K_4[UO_2.(CO_3)_3]$, kálium-uranyl-carbonat.

Véleményem szerint az eruptív kőzetek mállásakor az urán az eruptív kőzet kálium tartalmával együtt komplex karbonát alakjában oldódhatott fel. Megjegyzem, hogy a továbbiak szempontjából nem lényeges, hogy az urán milyen anionhoz volt kötve. A vándorlás további lépései ettől függetlenül is tisztázhatók. A kérdés tisztázására a legfontosabb annak felderítése, hogy milyen módon halmozódott fel az urán a szerves élettel kapcsolatban.

Különböző elméleti elképzelések (munka hipotézisek) lehetségesek:


MAGYARORSZÁG
Kőszén és lignit telepeinek rádióaktivitása
(A Debreceni Egyetem Kísérleti Fizikai
Intézetének mérései alapján)
Jelmagyarázat
Kőszéntelep
A telep egyik rétegéből vett
minta rádióaktivitása
inaktív, aktivitása kisebb a Föld
kérgének átlagos aktivitásánál
gyengén aktív aktivitása eléri a
Föld kérgének átlagos aktivitását
aktív, aktivitása 2-8 x osa a Föld
kérge átlagos aktivitásának
A Föld kérgének átlagos aktivitása
cca 4 gr Urán/tonna és cca 12 gr Thorium/tonna
gránit vagy kristályos
permi homokkő
Sopron
Dorog
Vác
BUDAPEST
Bicske
Tata
Mór
Kisgyón
Szápár
Várpalota
Ajka
Salgótarján
Eger
Gyöngyös
Mezőkövesd
Komló
Pécs

a) Az élő növény az uránt a vízből felszívja, magába gyűjti és korhadása után is megtartja.

b) Az uránt vagy tóriumot a víz alatt korhadó, tehát élettelen kőszénképző növénymaradványok gyűjtik valami ismeretlen és tisztázandó módon magukba.

c) Egyéb feltevések, pl. kémiai együttcsapatás lebegő kolloidális részecskékkel; különleges kémiai körülmények (pl. nagy hidrogén-szulfid-tartalom) mellett.

A fenti lehetséges magyarázatokat összefoglalva az *a)* alattit eleve elejtettem, mert az nyilván csak egyes nagyon különleges növényfajtáknál következhetik be. Az urán nem kifejezetten bio-elem. Nem valószínű, hogy a Dunántúl különböző kőszénbányái ugyanazon növényfajtából keletkeztek volna. Egyébként sem bizonyos, hogy a növény az életében magábagyűjött uránt pusztulása után is hosszú időn át megtartja.

A *c)* alatti feltevések se látszanak biztatónak, mert azokhoz különleges kémiai körülményeket kell feltételeznünk.

Fentiek alapján tehát a *b)* alatti munkahipotézisen indultam el és megkíséreltem azt kísérletileg megvizsgálni. Az idő rövidsége miatt nem számolhatok be részletesen arról a nagyszámú és különböző ellenőrző kísérletről, amelyek e feltevésemet igazolták. Röviden összefoglalva a következő fontosabb kísérleti eredményeket kaptam:

Az uránt rendkívül erősen adszorbeálják mocsári korhadó növényi részek, savanyú lápföldek, kész tőzeg, sőt lignit is. A debreceni egyetem Növénytani Intézete kérésemre a Haláp melletti lápból anyagot gyűjtött, s azon a következő vizsgálatokat végeztem:

Korhadó mocsári növényzet az agyagtól, homoktól és földtől többszöri átmosással és frakcionált ülepítéssel megtisztítva, az uránt igen nagymértékben adszorbeálja. Az adszorpció mind uranylnitrát, mind nátrium-uranylkarbonát komplex oldat esetén bekövetkezik. A kísérlet elvégzéséhez nem kell egyebet tenni, mint a vízzel feliszapolt korhadó növényzetet vagy tőzeget szűrőtölcsérbe gyűjteni, az uránvegyületet tartalmazó oldatot rátölteni és átcsepegtetni rajta. A humusz anyagok tökéletesen megkötik az uránt még aránylag elég koncentrált (1%-os) oldatból is.

Megvizsgáltam az adszorpciós folyamat sebességét. Az adszorpció rendkívül gyorsan megy végbe, lényegében csak diffúziós folyamatok (az uránt tartalmazó ion diffúziója) jelentenek időveszteséget. Az oldatból való kiadszorbeálás egy-két perc alatt kvantitatíve bekövetkezik.

A továbbiakban megvizsgáltam az adszorpciós kötés erősségét. Azt tapasztaltam, hogy az egyszer adszorbeált uránt kevés tiszta vízzel felszabadítani, kimosni nem lehet, a kötés erősen leköti. 1%-os ecetsav (pH = 3—4) csak kis részben szabadítja fel az uránt, a teljes felszabadításhoz erős ásványi savra 1%-os sósavra van szükség (pH $\approx$ 0,6).

A következőkben megvizsgáltam, hogy a korhadó növényi anyagok földtani szenesedése folyamán megmarad-e továbbra is az adszorbeáló képesség. A Petőfi bánya barnakőszene szintén igen nagyfokú adszorbeáló képességet mutat. Porrátört állapotban kimosás után az uránt akár nitrátos, akár komplex karbonátos vizes oldatból percek alatt kvantitatíve magába gyűjti.

Megvizsgáltam az adszorbeálható urán legnagyobb mennyiségét (a kötés telítésének esetét is). Kiderült, hogy 1 gramm (Petőfi bányai) barnakőszén majdnem 250 mg urán-nitrátot képes lekötni, amíg telítődik! Ez a rendkívül nagy mennyiség elemi uránra számítva kb. 10 súlyszázalék és figyelembe véve az urán nagy atomsúlyát, egy fél atomszázalék. Kb. minden 200 atomra esik egy megkötött uránatom.

További nagyszámú vizsgálatot végeztem a megkötés természetére vonatkozóan. Tanulmányoznom kellett a lignin, xilites barnakőszén és a kőszén kémiáját. Ennek alapján arra a meggyőződésre jutottam, hogy a humusz savaknak kell tulajdonítani az urán megkötését. Petőfi bányai barnakőszenet porrátörve és a bitumenes (gyantás és viasz eredetű) anyagoktól oldószerekkel (benzol és alkohollal vagy pyridinnel) megszabadítva, kivontam a humusz savakat a következő módon: a lignitport kb. 20%-os kálilúgban hosszú ideig főztem, majd szűréssel elválasztottam a sötétbarna színű szűrletet a nem oldódott részektől. A szűrletet sósavval pH = 3-ig megsavanyítva, a humusz savak barna pelyhes finom, kocsonyás csapadék alakjában kiváltak. E humusz sav csapadékot szűréssel, kimosással a sóktól megtisztítottam, megszárítva analitikai mérlegen mértem és megvizsgáltam az urán megkötő képességét. Vízzel feliszapolás után uránsót adva hozzá, azt tapasztaltam, hogy ez anyagok urán megkötő képessége még lényegesen nagyobb a ligniténél is (annak kb. kétszerese). A szén, barnakőszén vagy tőzeg stb. urán megkötő képessége tehát benne jelenlévő humusz savaknak tulajdonítható.

A kötés természetére vonatkozó további vizsgálatok folyamatban vannak. Mind a lignin szerkezete, mind a humusz anyagok szerkezete kémiailag még tisztázatlan. Az aromás széngyűrű a váz egyik fő építőeleme, továbbá igen sok metoxil (—OCH_3), hydroxil (OH) és carboxil (COOH) gyököt is tartalmaz. A metoxil csoport a szenesedés folyamán oxidálódik és folyamatosan eltűnik. Az uránnak ismeretes egy oldhatatlan komplex vegyülete növényi anyaggal, még pedig csersavval, valamint annak bomlási termékével a gallusz savval. A gallusz sav uránsó oldatával összehozva, oldhatatlan barna csapadékot ad. Minthogy a gallusz sav három szomszédos helyzetű hidroxil gyököt tartalmaz, megvizsgáltam nagyszámú olyan aromás vegyületet, melyekben a benzol gyűrűre egy vagy több hidroxil csoport és esetleg más szomszédos csoportok vannak helyettesítve. Azt találtam, hogy e vegyületek az uránnal mind barna színeződést adnak, ami komplex vegyület képződésére mutat. Ez utóbbi vizsgálatok túl találgató jellegűek még ahhoz, hogy bármi biztosat mondjunk az urán megkötésének kémiai formuláját illetően. Annál kevésbbé várhatunk

gyors eredményt e téren, mert magának a ligninnek és a humusz savaknak kémiai szerkezete sem tisztázott még. Abból a tényből azonban, hogy ez anyagok ilyen nagy mennyiségű uránt képesek megkötni, arra kell következtetnünk, hogy a kötés alapvető kapcsolatban áll a lignin fő szerkezeti elemeivel.

A fenti kísérletsorozatok mindenesetre kétségbevonhatatlanul bebizonyították, hogy az urán a humusz savakon vízben oldhatatlan alakban adszorbeálódik. A humusz savak mint ion-kicserélők, (»ion-exchanger«-ek) az uránt lekötik.

Még számos érdekes kérdés vár megvizsgálásra, így a kötés affinitási sorrendje különböző ionok esetén. Azonos-e ez a kötés azzal, ami a talajtanból ismeretes, t. i., hogy humusz anyagok a kálium iont és esetleg egyéb ionokat jelentős mértékben megkötik a talajban ? Megköti-e ez a kötés a ferri iont és a tóriumot is ? Van-e valami arányosság a kőszénben megkötött vas, urán és tórium, valamint az ősforrást képező eruptivum vas, urán és tórium koncentrációja között ? Azt hiszem azonban, hogy e kérdések vizsgálata rengeteg érdekes kutatólaboratóriumi munkát adna, olyan sokat, hogy azok tisztázására a rendkívül szerény keretem és bő oktatási elfoglaltságaim mellett egyedül nem is lennék képes.

Az alanti táblázatban szemléletesen összefoglaltam az uránnak a kőszénbe történő vándorlására vonatkozó feltevésemet és annak kísérleti bizonyítékait. (L. II. táblázat.)

Még egy láncszem hiányzott a bizonyítékok láncolatából, éppen az utolsó, az urán tényleges kimutatása. A sugárzás t. i. tóriumtól is eredhet és kisebb részben valószínűleg attól is ered. Az urán spektrumvonalai a kőszenek hamujáról *Földvári Aladárné* által készített felvételeken nem jelentkeztek, mert amint az kiderült, a spektrálanalitikai módszer uránra nem érzékeny. Feltétlenül kívánatosnak látszott az uránt a kőszénhamúban kémiailag is kimutatni. E feladatot 1951. októberében sikeresen oldottam meg. Többféle próbálkozás után a hamuból salétromsavval való kivonás, majd éterrel kirázás útján való feldúsítás eredményes volt és a kapott uranyl-nitrát az uránra jellemző minden kémiai reakciót mutatta (uranylferrocyanid, amm. uranylphosphat stb.). A koncentrátum mutatta az urán jellemző színkép-vonalait is, továbbá Geiger—Müller számlálócsővel mérve kb. 15 mg urántartalomnak megfelelő aktivitást adott. Hamarosan tapasztalatokat gyűjtöttem a kivonás tekintetében és sikerült 100 gr hamúból salétromsavas kivonás útján — miközben kb 20 gr hamú oldódott csak fel — az uranylnitrátot éterrel kirázva kb. 15 mg uránt tartalmazó uranylnitrátot kivonni, amit porcelántégelyben izzítással uránoxiddá (U_3O_8) alakítva, gravimetriásan is meghatározhattam. A preparátumok az első magyarországi nyersanyagból nyert uránt tartalmazzák. Lehet, hogy eljön az idő, amikor a milligrammokat grammok, a grammokat kilogrammok fogják követni.

Összefoglalásképpen azt hiszem nyugodtan állíthatom, hogy tudományos pontossággal sikerült tisztáznom az urán vándorlásának legfontosabb foko-

II. TÁBLÁZAT

Szemléltető táblázat az uránnak a szénbe történő vándorlásáról

Hipotézis	Bizonyítékok
Az urán ősforrásai: a Dunántúl egykori ma már lepusztult savanyú eruptív (gránit) masszivumai	*a)* A Dunántúl ma meglevő gránitjainak (Velencei-hg, Mecsek) urántartalma kétszer nagyobb a földkéreg átlagos U-tartalmánál. (Clarke-szám) Lásd *Szalay Földvári* [1] [3] [4] [5] munkáit.
↓ lepusztulás, oldódás (a liász ill. kréta korban)	*b)* A radioaktív széntelepek mind a Dunántúlon, a gránit területek elpusztulási zónáitól nem messze feküsznek. A többi megvizsgált széntelepek inaktívak, u. így a fiatalabb (miocén) korú lignitek is.
Az urán oldatba megy, valószínűleg mint komplex alkáli-uranyl-karbonát,	*a)* Az alkáli-uranyl-karbonátok mind igen jól oldódnak (kémiai szakirodalomból ismeretes).
$K_4[UO_2(CO_3)_3]$ és a beltengerbe jut, ahol igen nagy hígítású oldatot képez. ↓ adszorpció	*b)* Víz alatt korhadt növényi szerves anyag az uránt alkáli-uranyl-karbonát komplex vegyületeiből is hevesen adszorbeálja. (Szerző kísérletei halápi lápfölddel és tőzeggel).
A beltenger lagunáiban, mocsaraiban víz alatt korhadó növényi részekben keletkező humusz-savak az uránt a tenger vízéből kiadszorbeálják, magukba gyüjtik. ↓ kőszenesedés	Laboratóriumi kísérleti bizonyítékok: korhadó mocsári növényzet, savanyú lápföld, tőzeg, lignit az uránt igen erősen adszorbeálja és csak pH $<$ 4 körül vesztik el. Az adszorpció a humusz-savakon történik. A Dunántúl egyes szeneiben és szerves paláiban a feldúsulás a Clarke-szám közel 25-szöröse.
A szenesedés folyamán keletkező kőszenek és szénpalák az uránt továbbra is erősen lekötve tartják.	A lignit is hevesen adszorbeálja az uránt és tartalmaz humuszsavakat.

zatait, a kőszénben való felhalmozódást és ezzel további vizsgálatainkat tudományos alapokra fektetve folytathatjuk.

Felmerülhet a kérdés, hogy ez a feltevés általános érvényű-e, azaz minden radioaktív szenes és bitumenes agyagpalák urántartalmának feldúsulását megmagyarázza-e ? A svédországi és a Leningrád melletti kambrium-ordoviciumi bitumenes palák sokkal régebbiek ugyan, mint a Dunántúl aktív kőszenei és általában többféle szerves anyag tartalmú pala ismeretes (bitumenes-, olaj-, foszforitos- stb. palák), így biztosan nem voltak teljesen azonosak a keletkezés körülményei. Bár elképzelhető, hogy az urán feldúsulásának oka valami más is lehetett, az irodalomban nem találtam semmi magyarázatot erre vonatkozólag. A fenti elmélet szerint a feldúsuláshoz nem kell több kedvező körül-

mény mint, hogy lepusztulás révén urán kerüljön a tengerbe és a tenger vagy annak öblei, lagunái fenekén, víz alatt, nagyjából oxigéntől elzárva növényi eredetű hulladék korhadjon és így humuszsavak keletkezenek. Ilyen feltételek édes és sósvízű medencékben egyaránt előfordulhattak, sőt ha az iszap egyáltalán növényi eredetű szerves anyagot tartalmaz, akkor talán mindig szükségképpen fennállanak. Az urántartalom dúsulásának feltétele tehát inkább az, hogy legyen egyáltalán belőle a tengervízben, azaz a tenger vízgyűjtő területén legyenek lepusztulóban levő kiterjedt gránit területek.

Meglepően egyezik a fenti és más szerves palák urán tartalma. A svédországiak és a Leningrád mellettiek ugyanúgy, mint az USA-ban ismeretes urántartalmú olajpalák, urántartalma átlagosan 0,01%. Ritkán és csak helyenként emelkedik az urán tartalom 0,02% fölé. Svájci szerves palákon végzett újabb vizsgálatok [17]) szintén 0,001—0,01% körüli értékeket eredményeztek. Középérték 20—40 g/tonna volt. Hasonlóan közel 0,01% a hazai kőszenek aktivabbjainak az aktivitása. Ez a tény közös ok mellett szól.

Mi következik a humuszsav-adszorpciós elmélet alapján a koncentrációra ? Először is nem várható az urántartalom arányossága a szerves anyag tartalommal. A fent röviden vázolt kísérleteim szerint a szerves anyag sokkal több uránt is meg tudott volna kötni, ha a tengerben több lett volna. A hazai fás barnakőszén uránlekötő-képességének telítéséhez több százszor akkora urántartalomra volna szükség, mint amekkorával a legaktívabb szenekben találkozunk. A rothadó szerves anyag minden urán atomot mohón és azonnal leköt, amit a vízáramlás vagy diffúzió hozzájuttat. A koncentrációt a lepusztulás révén a tengerbe kerülő urán és a nem radioaktív üledék viszonylagos mennyisége szabja meg szükségképpen. A savanyú eruptív masszivumok urántartalma nem változik tág határok között. Gránitban kb. 4 gr/tonna az átlagos érték, azaz megegyezik az U átlagos koncentrációjával a földkéregben (Clarke-szám) és 8—10 gr/tonna a legnagyobb koncentráció (Ugyanez a Velencei- és Mecsekhegységek gránitjainak a koncentrációja), ami a Clarke-szám 2—2,5-szeresének felel meg. A szerves palák urán koncentrációja viszont a Clarke-szám 10—40-szeresét teszi ki, csak ritkán és kivételesen éri el a 80-szorosát. Az átlagos koncentráció 0,01% a Clarke-szám 25-szöröse. Feltételezve, hogy a gránitterület lepusztulásakor mind az urán, mind a többi málladék egyaránt a tengerbe kerül, a fenti tény megmagyarázására elég feltételezni, hogy a tengerfenék területének átlagban kb. 1/25-ét borítja rothadó növényi anyag (az öblöket, lagunákat) és ide koncentrálódik az urán, míg a többi gránit mállási termék az egész tengerfenéken nagyjából egyenletesen oszlik meg és így csak 1/25 része járul hozzá a radioaktív szerves palák anyagához. Ennek urántartalma így átlagban a Clarke-szám 25-szörösére, szélső esetekben 10—80-szorosára dúsul.

Még egy további következtetést vonhatunk le a humuszsav adszorpciós hipotézisből. Ezek a bonyolult magas polimer szerves vegyületek nemcsak

az urán-ionnal szemben viselkednek ionkicserélő adszorbensként, hanem más fémionokkal szemben is (Cu, Fe, Ni stb.). Nagyon valószínű, hogy az erős adszorpciós kötésben az urán nagy atomsúlyának és nagy (6) vegyértékének van döntő szerepe. Ha ez az adszorpció más ionok esetén is közelítőleg ugyanolyan erős, mint az urán esetén, akkor feltehető, hogy a kőszenek urántartalma és egyes egyéb nehézfémtartalma között összefüggés van, aminek tanulmányozása érdekes biogeokémiai feladat volna. Minthogy különböző fémionok kvantitatív meghatározása külön-külön módszert igénylő feladat, a különböző fémionok adszorpciós sorrendjére vonatkozó humusz savakon tervbevett kísérleteim még nem valósultak meg. A hazai kőszenek hamúinak nem radioaktív nehézfém tartalmát *Földvári Aladárné* vizsgálja.

Az a tény, hogy az urán feldúsulása éppen kőszenekben következik be, nagy gyakorlati fontosságú a kitermelhetőség reményei szempontjából. A kőszén kibányászása önmagában már kifizetődik és az urán a salakban marad, sőt földúsul. Bár a koncentráció igen kicsi, a 0,01%-ot a kőszénben nem haladja meg, a hamú urántartalmának kalórikus értéke még mindig sokszorosa az elégetett kőszénnek, mert az urán az energiának igen koncentrált forrása. Egy kg urán minden atomjának hasadásakor kb. hatmillió kg barnakőszén hőjével egyenlő energia szabadítható fel. Ha egy hazai kőszén hamújának tonnánként 100 gr-on felüli urántartalma lenne, akkor hatszáz tonna kőszén energiáját adná, ha minden urán-atomot el lehetne hasítani. Ma még az urán-atomoknak csak 0,7%-ából, az U—235-ös ízotopból lehet az energiát felszabadítani, de még ez is négy tonna kőszén energiáját jelenti, tonnánként 100 g urán esetén.

Bár az ipar mai fejlettségi fokán még alig remélhető, hogy ilyen kis koncentrációból a kivonás gazdaságosan és nagyipari arányokban megoldható legyen, mégis új korszak, az atomerő békés felhasználásának küszöbén örömmel tölthet el bennünket az a biztos tudat, hogy e téren hazánk nem fog a nincstelen nemzetek sorában állani és hogy fontos ismeretek birtokába a mi szerény anyagi eszközökkel végzett tudományos vizsgálataink vezettek.

E négy évre visszamenő kutatások jelentéktelen összeget emésztettek fel, az is jelentős részben megvan magunk által készített mérőberendezések formájában. Mindent egybevetve, e kutatásokra a négy év alatt összesen kb. 30 000 Ft-ot költöttünk. E vizsgálatok gyakorlati szempontból is reménytkeltő eredménye igazolja, hogy a tudományos kutatásra fordított anyagi áldozatok előbbutóbb sokszorosan visszatérülnek, ha hivatott, rátermett kutatók kezébe adjuk azokat.

A kutatástól a gyakorlati alkalmazásig, mint másutt is, itt is hosszú az út. A kutatók évtizedekkel előre végzik az úttörő munkát és a technika csak hosszú idő múlva követi azt. Szakértők becslése szerint 10—30 év technológiai kísérletezése szükséges ahhoz, hogy világviszonylatban az atomenergiát békés energiatermelésre (elektromos energia fejlesztésére) nagy arányokban be lehessen

vezetni. A kis koncentrációjú urán előfordulások dúsításának kérdése szintén hasonló nehéz feladat. E téren az uránra vonatkozó ismereteink még nagyon hézagosak. Körülbelül ott vagyunk az uránnal, mint ahol az arany ciános kivonásával voltunk 1885 körül, vagy a porfirból a réz kivonásával 1910 körül.[18]) Előreláthatóan e téren még évtizedek munkájára van szükség. A kivonás gazdaságosságát azonban előnyösen emelheti az uránt kísérő egyéb nehézfémek értéke.

Addig egyelőre folytatnunk kell a kutatómunkát, egyrészt az eddigi vakpróbaszerű vizsgálatok helyett a lelőhelyek és koncentrációk pontosabb meghatározása és részletes térképezése terén. Kísérleteket kell végeznünk a humuszsav-kötés közelebbi kémiai természetére vonatkozólag. Azt hiszem, hogy sok fáradságos, de érdekes munka vár rám és munkatársaimra ezen a téren.

Összefoglalás

1. Előzetes, *Földvári Aladárral* közös vizsgálatokból kiindulva, több magyarországi kőszénben urántartalmat találtunk. Az ország minden kőszéntermelő helyéről a bányageológusoktól begyűjtött kőszénmintákon vizsgálatokat végeztem, minden hazai barnakőszén urántartalmára vonatkozóan. Bár e vizsgálatok csak előzetes és vakpróba jellegűek, mégis jól áttekinthető képet adtak az urán előfordulásáról. Kiderült, hogy csakis azok az idősebb (liász, ill. krétakorú) kőszenek tartalmaznak uránt, amelyek a maradványokban még ma is meglévő gránit területek lepusztulási zónáitól nem nagy távolságra vannak.

2. Sikeresek voltak az uránnak biolitokban való dúsulásának megmagyarázására végzett laboratóriumi kísérletek. Tőzeg, mocsári lápföld, víz alatt korhadó mocsári növényzet, lignit, sőt barnakőszén is, elporított állapotban vizes oldatból az uranyl-iont mohón kiadszorbeálják. További laboratóriumi vizsgálatok azt bizonyítják, hogy az urán erős lekötése a humusz savaknak tulajdonítható. E vizsgálatok fényt vetettek az urán biogeokémiájának alapproblémájára, amit a biogeokémia nagy úttörői (*Vernadszkij* és mások) már évtizedekkel ezelőtt felismertek. E probléma az, hogy míg a természetben a tórium és az urán általában együtt fordul elő, addig a biolitokban az urán, ellentétben a tóriummal, meglepően és specifikusan dúsul. A munka gyakorlati szempontból fontos eredménye, hogy egycsapásra áttekinthető képet kaptam minden magyarországi barnakőszénterület urántartalmáról és ezzel évtizedes munkaidő megtakarítást értem el. Tudományos szempontból nagyon fontos eredmény az urán biogeokémiai vándorlásának felderítése; a további gyakorlati irányú kutatás is tudományos alapokra helyezhető.

IRODALOM

1. *Szalay S.:* Kutatások urán és tórium magyarországi előfordulásai után korszerű atomfizikai módszerekkel. Magyar Állami Földtani Intézet évi jelentése, Vol. X. B. 5—24. old. 1948.

2. *A. Szalay* and *E. Csongor* : Science. Vol. 109, page 146—147. 1949.

3. *Szalay S.* és *Földvári A.:* Kőzetek radiológiai vizsgálata. Magyar Tudományos Akadémia Matematikai és Természettudományi Osztályának közleményei I. kötet, 1. sz. 60—72. old. 1951.

4. *Földvári A.:* A magyarországi radioaktív anyagkutatás földtani és kőzettani vonatkozásai. Magyar Állami Földtani Intézet évi jelentése, Vol. X. B. 35—54. old. 1948.

5. *Földvári A.* és *Szalay S.:* Mérések a Mecsek hegység kőzeteinek radioaktivitására, Geiger—Müller számlálócsővel. (Közlésre eddig nem került vizsgálatok.)

6. *V. M. Goldschmidt,* Jourr. Chem. Soc. 1937. Lásd : *R. D. Parks:* »Source Materials for Nuclear Power«. The Science and Engineering of Nuclear Power. Vol. II. pp. 1—18. Addison—Wesley Press. Inc. 1949.

7. *W. L. Russel,* Geophysics, Vol. 9. p. 180—216, 1944.

8. *W. L. Russel,* Bull. Amer. Assoc. Petroleum Geologists. Vol. 25. pp. 1768—88, 1941 ; Vol. 29. pp. 1470—1493, 1945.

9. *R. F. Beers:* Bull. Amer. Assoc. Petroleum Geologists, Vol. 29. pp. 1—22. January 1945.

10. *Bell, Goodman* and *Whitehead:* Bull. Amer. Assoc. Petroleum Geologists, Vol. 24. p. 1529, 1940.

11. *A. H. Westergard:* Sveriges geol. undersökning, ser. C. no. 463. p. 18, 1944. u. ott no 459. p. 13, 1944.

12. *S. Eklund:* Atomic Scientists News, Vol. IV. No. 4. pp. 76—78, July 1951.

13. *N. A. Orlov, L. M. Kurbatov* : Chimija Tyjerdovo Topliva, Vol. 5. 525—527. old. 1934 ; Vol. 6. 228—291. old. 1935. Vol. 7. 94—98. old. 1936.

14. *Szalay S.* és *Földvári A.:* A komlói szénmedence szén és szénpala rétegeinek, valamint kőzeteinek radioaktív vizsgálata. (Eddig nem közölt vizsgálatok.)

15. *Földvári A.* és *Szalay S.:* A pilisszentiváni altáró szeneinek és kőzeteinek radioaktivitása. (Eddig nem közölt vizsgálatok.)

16. *Vitális I.:* Magyarország szénelőfordulásai. Sopron, 1939.

17. *H. Erlenmeyer, W. Oppliger, K. Stier, M. Blumer:* Helv. Chim. Acta Vol. XXXIII. Fasciculus I., S. 25—36, 1950.

18. *G. W. Bain:* Econ. Geology, Vol. 45. pp. 273—323, 1950.

Az előadáshoz hozászólt :

CSAJÁGHY G.,
GYULAY Z.,
HORUSITZKY F.,
JAKUCS L.,
MÉHES K.,
ORBÁN GY.,
PÁVAI VAJNA F.,
STEGENA L.,
SZÁDECZKY-KARDOSS E.,
VITÁLIS S.

A MAGMÁS KŐZETEK SZEREPE A KOMLÓI KŐSZÉNÖSSZLETBEN

SZÉKYNÉ FUX VILMA

A komlói bánya magmás kőzetei

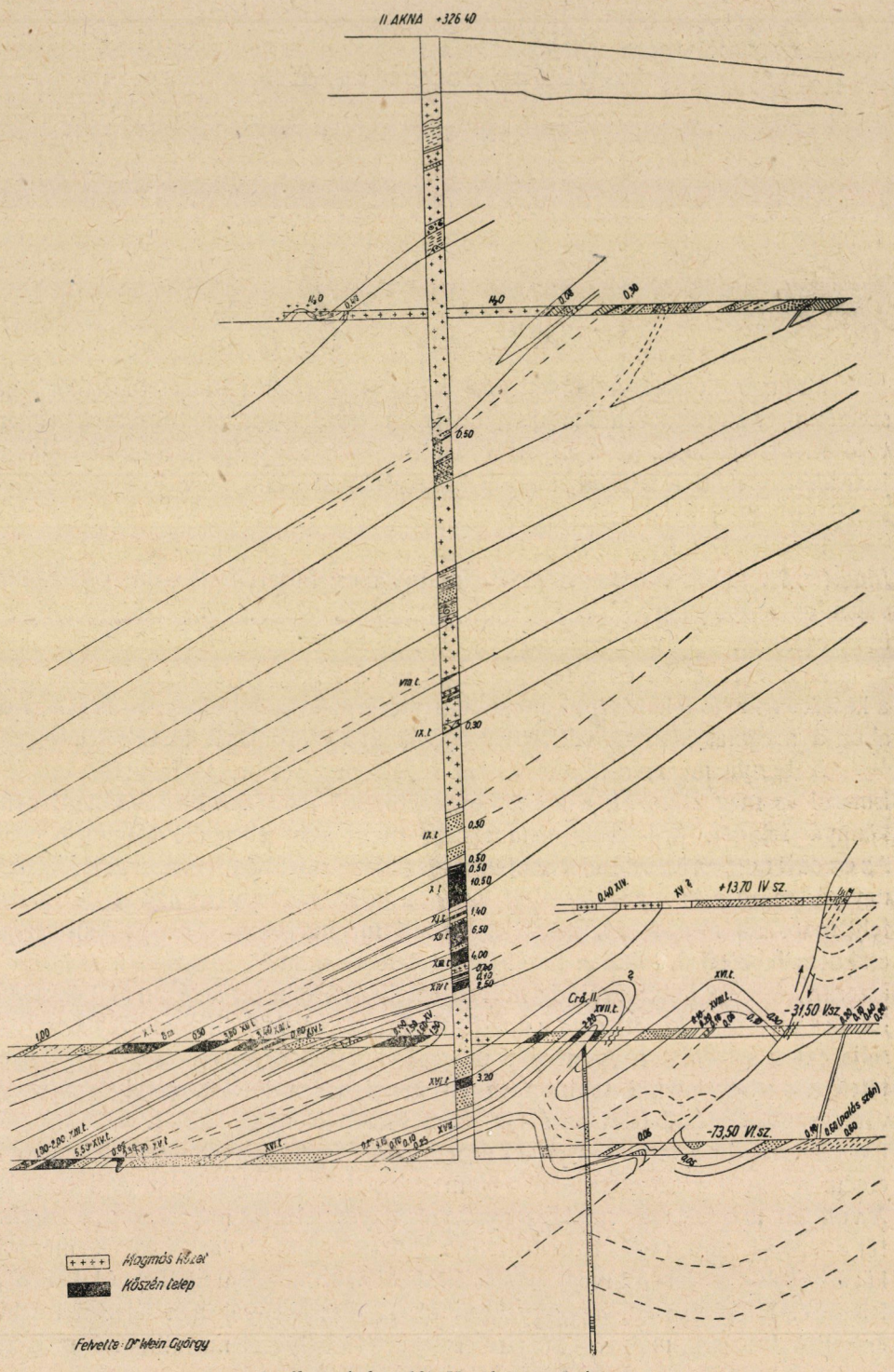
Magmás kőzetek a komlói kőszénösszletből régóta ismertek. Különböző szerzők már a mult században megemlítik a pécsvidéki gazdag kőszéntelepekben való megjelenésüket. A bányászat tekintetében mélységbeli szerepük jóval jelentősebb, mint a felszíni, mert a kőszéntelepek átalakítása jórészt a mélyszinti vulkáni működéssel függ össze.

Első leírójuk *Hofmann K.*, részletes kőzettani és kőzetkémiai jellemzésüket *Mauritz B.* közölte. A hegység felszíni magmás kőzeteihez való viszonyuk, valamint a bányában való szerepük *Vadász E.* alapvető munkájában nyert összefoglalást.

A háború alatti és a felszabadulás utáni nagyarányú feltárási munkák, a kőszéntermelés fokozásának üteme, kutatófúrások, az új Kossuth- és 6,2 m-es akna a magmás kőzetek változatos és sok új előfordulását tárták fel.

A bánya magmás kőzeteiben az elváltozott ásványos elegyrészeket felismerni és meghatározni, a kőzet hovatartozását pontosan megállapítani nem könnyű feladat. A kőzetkémizmus sem nyujt erre elegendő felvilágosítást. Az eredeti magma összetételét pontosan megállapítani különösen nehéz. E kőzetek ugyanis mind a kőzettéválás alatt, mind a kőzettéválás után olyan változatos folyamatokon mentek át, hogy az eredeti magma összetételének felismerése csaknem lehetetlen. Minden kőzet összetételében vannak bizonyos ingadozások aszerint, hogy a kőzettéválásig milyen kifejlődési fokozatokon ment keresztül. Rendes viszonyok között csak a gravitatív kristályosodási differenciáció befolyásolja ezt a folyamatot. A mecseki magmás kőzetek ásványos és kémiai összetételének vizsgálatánál tekintetbe kell venni azt a hatást, amelyet a nagy vastagságú üledék-összlet az áttörő láva összetételére gyakorolt.

Ezenkívül a területen erőteljes maghasadással is számolnunk kell, melynek eredményeként a kőzettéválási folyamatok a legváltozatosabban zajlottak le. A vulkáni működés során a lávaanyag sok helyen jelentős mélységben, a felszíntől eltérő viszonyok között, a kelet-nyugati csapásban redőzött képződmények közé hatolva szilárdult meg, s csak későbbi tektonikai mozgásokkal került a felszínre. Ezért van az, hogy gyakran pl. Kárász környékén a felszíni trachidoleritek igen sok, mélységi kőzetre emlékeztető bélyeget mutatnak. A mélység



1. ábra. A komlói II. akna szelvénye

tényezőjén kívül a bánya vulkáni kőzeteinek kőzettéválási folyamataira a tekintélyes kőszénösszlet is igen erős befolyással volt. A kőszénösszlet és az áttörő magmás kőzet között erőteljes kölcsönhatás jött létre, mely mindkettő ásványos és kémiai összetételében jelentős változást eredményezett.

Ezek azok a külső hatások, melyek a bánya vulkáni kőzeteinek kristályosodási folyamatait a normális tényezőkön kívül befolyásolták, s amelyeknek erős hatása miatt a hegység kőzeteit nem az eredeti magma nevével, hanem a kérdéses kőzet mikroszkópos és kémiai vizsgálata alapján kapott bélyegekkel kell jellemeznünk.

A kőzettéválási folyamat befejezéseként — különösen a bányában — alacsony hőfokú hidrotermák erős elváltoztató és kilúgzó hatásával is számolnunk kell.

Trachidolerit. A bánya ma művelt területén — ahogy ez a mellékelt bányaföldtani szelvényeken (1., 2. ábra) is látható — magmás kőzetek a IV., V., VI. szinten, legnagyobb mennyiségben és változatosságban az V. szinten fordulnak elő. A IV. szinten 315 m-el a felszín alatt, +13,7 m tengerszín feletti magasságban az északi főlégvágatban kb. 25 m-es szakaszon a XIV. telep szomszédságában jellegzetes trachidolerit teleptelért találunk. A kőzet már makroszkóposan is feltűnik. Nem trachidoleritre, hanem inkább erősen porfíros diabázra emlékeztet, sárgásbarna alapanyagában sűrűn csillogó, üvegfényű, 2—4, de gyakran 10 mm hosszú léces kifejlődésű plagioklászokat találunk. A telér széle felé a kőzet erős kalcitosodást mutat.

Ugyanezt a kőzetet találjuk még jelentős mennyiségben mintegy 360 m mélységben a felszíntől, — 31,5 m-rel a tengerszín alatt, az V. szint északi főlégvágatában is. Ez a teleptelér áttöri a XV. telepet és a szénnel közvetlenül érintkezik. Egyezése a IV. szint előbb említett előfordulásával már szabad szemmel is nyilvánvaló. Mikroszkópos képében feltűnő az uralkodó porfíros, andezin összetételű, léces kifejlődésű plagioklász. Színes porfíros elegyrészt nem találtam. Az alapanyag szövete interszertális, helyenként diabázra emlékeztetően ofitos. Igen feltűnő a hatszöges átmetszetű apatit és opak elegyrészek nagy mennyisége. Az opak elegyrészek között különösen az ilmenit ér el nagy méreteket, helyenként vörösbarna, átlátszó pikkelyekben is előfordul. Az alapanyag földpát lécei részben kaolinosodtak, a színes elegyrészek helyén sok kalcit látható.

Igen érdekes a fenti kőzet elváltozása a kőszénnel való kontaktuson. A sötét kőzet szürkésfehérré válik és erősen elkovásodik. Benne kalcit és pirit felhalmozódás gyakori. A kontaktuskor keletkező CO_2 erős aktív hatására a plagioklászmolekula meghasad és az anortitból felszabadult kalcium a CO^2-dal kalcitot képzett. (1. sz. mikroszkópos felvétel). A legtöbb plagioklász helyét, mint a kép is mutatja, fokozatosan teljesen kalcit tölti ki és sok esetben csak a jellegzetes átmetszete árulja el az eredeti plagioklász kristályt.

Elemzési adatai szerint az V. szint északi főlégvágatának kőzete típusos trachidolerit, melyre a nagy plagioklász tartalom (60%-on felüli) különösen

jellemző. A színes szilikátok mennyisége (o1 = 6,6, di = 7,7) csekély. A kontaktus mellett a kovasav tartalom mennyisége lényegesen emelkedik, az Al_2O_3, FeO, MgO, CaO, K_2O és víztartalom csökken.

Elemző : *Nemesné Varga S*

13. Trachidolerit, komlói bánya, V. szint, északi főlégvágat, 16. telep felett

Súly		Mol hányados	Niggli értékek		Bázis		Molekulanormák I		Molekulanormák II	
SiO_2	45,12	751	al	31,51	Kp	4,2	Or	7	Or	7
TiO_2	2,38	30	fm	32,83	Ne	27,0	Ab	45	Ab	43,5
Al_2O_3	17,43	167	c	20,38	Cal	16,6	An	27,6	An	27,6
Fe_2O_3	2,19	14	alk	15,28	Cs	2,1			Ne	0,9
FeO	6,28	87			Fo	5,6	Wo	2,8 di	Wo	2,8 di
MnO	0,10	1	si	141,7	Fa	8,4	En	1,2	En	2,8
MgO	2,34	58	ti	5,66	Fs	2,7	Fa	7,1 ol	Fa	7,1 ol
CaO	6,06	108	p	0,54	Ru	1,9	Fo	4,7	Fo	3,7
Na_2O	4,32	70	h	90,38	Q	31,5	Mt	2,7	Mt	2,7
K_2O	1,07	11					Ru	1,9	Ru	1,9
P_2O_5	0,43	3	k	0,14	L	47,8	Q	—	Q	—
H_2O+	7,85	436	mg	0,33	M	20,7				
H_2O-	0,78	43			Q	31,5				
CO_2	3,62	82	qz	— 59,4	π	0,3472				
	99,97		c/fm	0,62	γ	0,1135	Max. földpát			

Elemző : *Nemesné Varga S.*

14. Trachidolerit, komlói bánya, V. szint, északi főlégvágat, 16. telep felett közvetlenül a szén- kontaktusnál

Súly %		Mol hányados	Niggli értékek		Bázis		Molekulanormák I		Molekulanormák II		Molekulanormák III	
SiO_2	58,35	972	al	29,81	Kp	1,1	Or	1,7	Or	1,7	Or	1,7
TiO_2	2,65	33	fm	29,78	Ne	32,9	Ab	53,2	Ab	53,2	Ab	53,2
Al_2O_3	12,08	119	c	18,27	Cal	5,6	An	9,4	An	9,4	An	9,4
Fe_2O_3	2,58	16	alk	22,34	Cs	4,0	Wo	5,3	Wo	5,3	Wo	5,3 di
FeO	4,44	62			Fo	2,2	En	2,9	Fo	2,2 ol	En	2,4
MnO	0,09	1	si	243,5	Fa	5,9	Hy	5,9	Fa	4,4	Fo	0,4 ol
MgO	0,93	23	ti	8,27	Fs	3	Mt	3	Mt	3	Fa	4,4
CaO	4,07	73	p	0,75	Ru	2,0	Ru	2	Ru	2	Mt	3
Na_2O	5,34	86	h	59,12	Qu	44,2	Q	16,6	Q	16,6	Ru	2
K_2O	0,30	3,2									Q	18,2
P_2O_5	0,40	3	k	0,05	L	39,6						
H_2O+	3,97	220	mg	0,17	M	17,1						
H_2O-	0,28	16			Qu	43,3						
CO_2	3,78	86	qz	+ 54,0	π	0,1414						
S (pirit S)	0,62	19	c/fm	0,61	γ	0,2339						
	99,88											

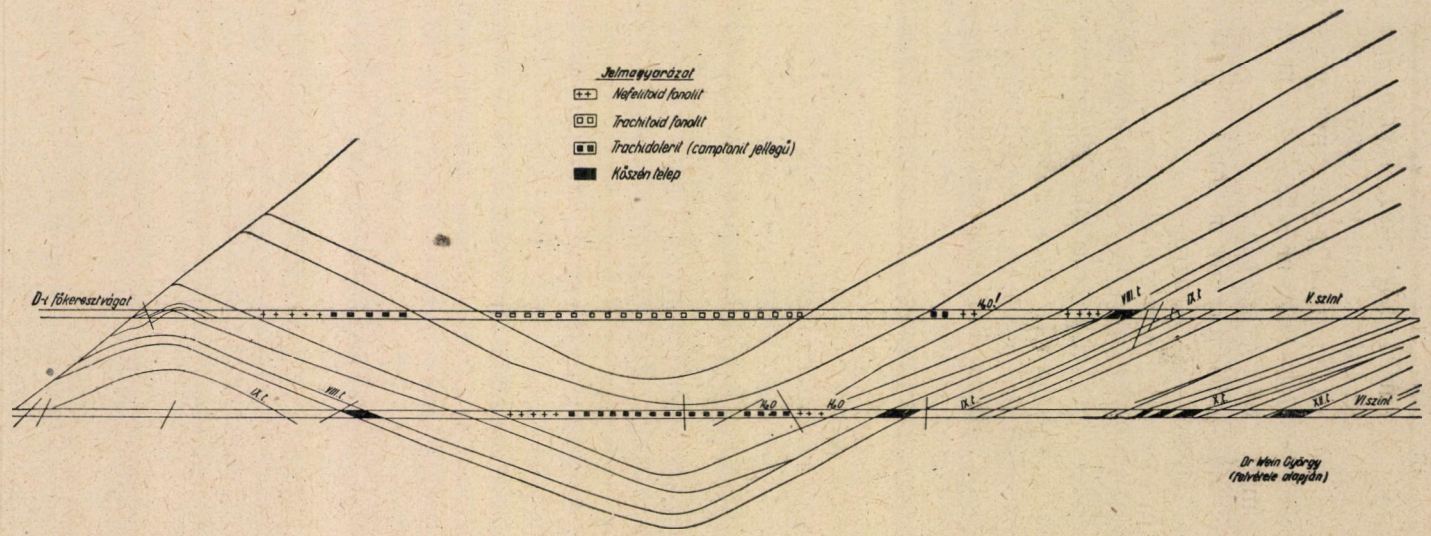
Ezt a diabáz-porfírra emlékeztető kőzetet a XV. és XVI. telep között 402 m mélységben a felszíntől (—73,5 m-rel a tenger felszíne alatt) a VI. szint északi főlégvágatában és a Kossuth-aknában is megtaláljuk. A régi Anna-akna

nyugati keresztvágatából már *Mauritz B.* is említi a fakó, világosszürke, bőséges makroporfíros földpátot tartalmazó kőzetet. A komlói kőszénösszlet északi részét mindenütt ez a trachidolerit töri át, melyet további mélyszinti kiterjedésében is igen jelentősnek kell feltételezni. Megtaláltam ugyanis jellemző kifejlődésben a Zobák III. sz fúrás 537,4—543,5 m és 588—600 m, valamint a Komló I. sz. fúrás 409—410 m közötti szakaszában.

Sokkal nagyobb tömegben jelentkeznek magmás kőzetek — mint a mellékelt szelvényekből is látható — a VI., de különösen az V. szint déli főkeresztvágatában. Uralkodó mennyiségben a szinklinális tengelyében foglalnak helyet, majd teleptelérszerűen harántolják a széntartalmú üledékes kőzetet. Az egymás után következő teleptelérek igen változatos kőzettípusokat képviselnek, úgy ásványos, mint kémiai összetételben lényegesen eltérnek egymástól. Mindezzel az alkálimagmák erős differenciálódási képességét bizonyítják. Az V. szint déli főkeresztvágata minden típust harántol, ezért itteni előfordulásuk alapján jellemezzük őket. (lásd a 2. sz. szelvényt). A déli főkeresztvágat trachidoleritje lényegesen eltér az előbb tárgyalt »porfiros diabázjellegű« kőzettől. Sötétszürke, aprószemű, fekete oszlopos, vagy táblás, porfíros ásványos elegyrészekkel. Az előbbi trachidolerittel szemben a színes, porfíros elegyrészek uralkodnak, sőt helyenként olyan tömegben halmozódnak fel, hogy kristályos szemcsés jelleget kölcsönöznek a kőzetnek. Legnagyobb a legtöbbször ibolyásszürke titánaugit. Az augit mellett az erősen pleokroos barna amfiból mennyisége igen jelentős a kőzetben. Utóbbi orientált összenövése az augittal gyakori. Összenövésüknél pleokroos klorit képződik. A kőzetben található szerpentin olivinből való átalakulásra utal. Az apatit elterjedt elegyrész (2. sz. mikroszkópos felvétel).

A földpát — közelebbről plagioklász — legtöbbször az alapanyagban mutatkozik, léces kifejlődésben, jellegzetes interszertális szövetet alkotva. A plagioklász lécek kezdeti átalakulást mutatnak. Az általuk bezárt teret jórészt analcim tölti ki. E típusból vett legtöbb bányai mintában azonban az eredeti színes porfiros elegyrészt felismerni nem lehet, helyét klorit, analcim, kalcit és limonit foglalja el.

Erősen elváltozott alakban ez a kőzet a bánya egyéb részein is megtalálható. Az erős elváltozás miatt azonban jellege nem ismerhető fel, legfeljebb az alapanyag interszertális szövetéből következtethetünk az eredeti trachidoleritre. Ilyen kőzetek kerültek elő pl. a II. sz. légakna (6,2 m-es akna) 161—165 m, 210—211 m, 257—258 m közötti szakaszából, a VI. szint déli főkeresztvágatából és egyéb más fúrásokból is. A kőzetnek a sok nagyméretű porfíros elegyrész mélységi kőzetre emlékeztető essexites jelleget kölcsönöz. Sok barna, pleokroos amfibolja miatt camptonitra emlékeztet, ezért a továbbiakban essexites, vagy camptonitos jellegű trachidoleritnek nevezzük ezt a kőzetet. Az essexites jelleg *Takáts T.* az Árpád-tető alatti Lantos-völgyből essexit név alatt ismertetett kőzettel azonos voltából is következik.



2. ábra. A komlói bánya D-i fókeresztvágatának szelvénye

A kőzet összetételére (lásd a kémiai elemzési táblázatot) a nagy MgO és CaO-tartalom, a színes szilikátok nagy mennyisége jellemző. A mikroszkópos vizsgálat alapján számított ásványos összetétellel a II. molekulanorma jól egyezik. Eszerint ortoklász 11%, plagioklász 27%, nefelin 22,8% (mikroszkóposan nem észlelhető) diopszid (titánaugit + amfibol) 22%, olivin 10,4%, magnetit 4,3%, rutil (ilmenit) 2%. A kőzet erősen telítetlen, $qz = -19{,}4$.

Elemző: *Nemesné Varga S.*

11. Trachidolerit, K omló bánya, V. szint, déli főkeresztvágat, IX. sz. minta

Súly %		Mol. hányados	Niggli értékek		Bázis	Molekulanormák I	Molekulanormák II	Molekulanormák III
SiO_2	45,33	755	al	21,62	Kp 7	Or 16,6	Or 116,	Or 11,6
TiO_2	2,77	34	fm	43,97	Ne 33,9	Ab 32,4	Ab 18,5	Ab 9,8
Al_2O_3	15,03	147	c	17,06	Cal 5	An 8,4	An 8,4	An 8,4
Fe_2O_3	4,03	25	alk	17,35	Cs 7,5	Ne 14,4	Ne 22,8	Ne 28,2
FeO	5,94	83			Fo 14,3	Cs 7,5	Wo 10,0 di	Wo 10,0 di
MnO	0,09	1	si	110,7	Fa 7,2	Fo 14,3	En 12,0	En 19,1
MgO	6,65	165	ti	5	Fs 4,3	Fa 5,1	Fo 5,3	Hy 6,8
CaO	6,51	116	p	0,15	Ru 2	Mt 4,3	Fa 5,1 ol	Mt 4,3
Na_2O	6,06	98	h	46,04	Q 18,8	Ru 2	Mt 4,3	Ru 2
K_2O	1,86	20				Q —	Ru 2	Q —
P_2O_5	0,20	1	k	0,17	L 45,9		Q —	
H_2O+	4,03	224	mg	0,55	M 35,3			
H_2O-	1,62	90			Q 18,8			
CO_2	0,32	7	*qz*	−19,42	π 0,1077			
	100,44		c/fm	0,39	γ 0,2125			

A bányában a trachidoleritnek különösen ez a két típusa elterjedt. Több fúrásból előkerült anyagban azonban, pl. Komló I. sz. fúrás 276,9—279,5 m közötti szakaszában trachidolerit és fonolit átmeneti típussal találkozunk. Porfíros elegyrésze savanyú plagioklász és zöld amfibol, az alapanyag finom földpátlécek szövedéke, melyek trachitszerűen rendeződnek el. A színes elegyrészek mennyisége feltűnően kevés. A kőzet utóbbi két vonása a fonolitra utal.

Fonolit. Ilyen átmeneti típusú kőzetnek, de inkább fonolitnak kell tekinteni a déli főkeresztvágat szinklinálisának főtömegét alkotó trachitoid-szövetű kőzetet. Makroszkóposan szürkésfehér színű, mállott fehér földpátokkal és apró zöldesfekete oszlopos kristálykákkal. Már külsőleg is igen hasonlít a kövestetői fonolithoz. A széncsíkos palával való érintkezés felé makroporfiros elegyrészt elkülöníteni nem lehet. A kőzet az érintkezésnél megkeményedik, elkovásodik, benne piritszemek gyakoriak. Mindez a kőszén közelségére, illetőleg a kőszénnek a magmás kőzetre gyakorolt hatására utal.

Mikroszkópos képében karlsbadi-ikres szanidin és savanyú plagioklász igen nagy méretet ér el. Porfíros színes elegyrész, még a fonolit igen ellentálló egirinje sem látható. Csak limonitos halmazok utalnak a színes elegyrészek helyére és alakjára. Az alapanyag földpátléceinek trachitoid elrendeződése igen hasonlít a Kövestető kőzetéhez és teljesen fonolitos jellegű.

A kőzet elemzési adatai (19. számú elemzési táblázat) részben átmeneti jellegre utalnak, de a nagy SiO_2, a kis CaO, MgO-tartalom és a színes szilikátok kis mennyisége (M = 11,8%), a fonolitokhoz való tartozását igazolják. Ezért trachitoid-szövetű fonolitnak nevezhető.

Elemző: *Nemesné Varga S.*

19. Fonolit (trachitoid), Komló bánya, V. szint. Déli főkeresztvágat

Súly %		Mol. hányados	Niggli értékek		Bázis		Molekulanormák I		Molekulanormák II	
SiO_2	57,60	959	al	35,39	Kp	12,6	Or	21,0	Or	21,0
TiO_2	0,37	5	fm	24,43	Ne	31,2	Ab	52,0	Ab	52,0
Al_2O_3	15,84	155	c	12,33	Cal	5,9	An	9,8	An	9,8
Fe_2O_3	0,93	12	alk	27,85	Cs	1,8	Cs	1,8	Wo	2,4 } di
FeO	4,60	64			Fo	2,7	Fo	2,7	En	3,6 }
MnO	0,12	2	si	219	Fa	5,9	Fa	5,4	Fa	5,4
MgO	1,16	29	ti	1,14	Fs	1,0	Mt	1,0	Mt	1,0
CaO	3,04	54	p	0,23	Ru	0,3	Ru	0,3	Ru	0,3
Na_2O	5,41	87	h	57,31	Q	38,5	Q	6,0	Q	4,5
K_2O	3,30	35								
P_2O_5	0,10	1	k	0,29	L	49,7				
H_2O+ }	4,73	234	mg	0,27	M	11,8				
H_2O- }		17			Q	38,5				
CO_2	2,67	61	qz	+7,60	π	0,1187				
	99,67		c/fm	0,50	γ	0,1225				

Ezt a kőzetet eddigi vizsgálataink során a bánya többi részein nem találtam meg. A mellékelt 2. sz. szelvényből világosan látszik, hogy e kőzettípus a VI. szint déli főkeresztvágatában kimarad.

Az V. szint déli főkeresztvágatában feltárt szinklinális szárnyában az előbbi kőzettől lényegesen különböző a Somló-Dobogókő kőzetéhez hasonló nefelitoid-szövetű fonolit van. E kőzetet először az V. szint VII. telepi harántvágatában és a Kossuth-aknában ifj. *Noszky J.*-től gyüjtött anyagból határoztam meg. E nefelitoid fonolit mennyisége az említett előfordulásoknál a déli főkeresztvágatban lényegesen nagyobb. Erősen elváltozott kőzet, sárgásfehér, vagy sárgás vörösbarna színű, a szénkontaktus mellett teljesen kifakult. Makroszkópos primér elegyrészt felismerni nem lehet. A kőszénnél való érintkezésnél erős kalcitosodás lép fel. Mikroszkópos képében porfíros földpátjai teljesen átalakultak és közelebbről meg nem határozhatók. A porfíros egirin jellegzetes zöld színe is csak egy-két helyen látható. Az alapanyag trachitoidszerűen elrendeződött földpátlécek, nefelintáblák, egirintük, illetve átalakulásukból keletkezett másodlagos ásványok szövedéke. Legfeltűnőbb jellegzetessége a kőzetnek a nefelin kitűnően határolt téglalap-, vagy hatszögalakú átmetszeteinek nagytömegű felhalmozódása. A felsorolt elegyrészeken kívül az alapanyagban szodalit, s különböző zeolit gyakori. A kőzet üregeit kalcit tölti ki.

Feltűnő és érdekes, hogy a kőzet porfíros elegyrészeinek kis méretével, nagyszámú automorf nefelintáblájával, nem a közelfekvő kövestetői, hanem a Somló-dobogókői fonolithoz áll közel.

Andezit. A bányaterület közelében csak a különböző vasasi fúrásokból került elő. Így a Viktória B_1 584—584,4 m, Viktória B_2 642,6—644 m, 708,4—711 m közötti szakaszából. Szürke, vagy vörösesszürke, erősen elváltozott, aprószemű kőzet. Mikroszkópos porfíros elegyrészei kaolinosodott földpátok, illetve limonitos halmazok képviselik. Az alapanyag aprószemű, felzites, üveges rész benne igen kevés. Gyakran erős karbonátosodást és kovásodást mutat. Máshol a bányában andezitet nem találtam, ami annál is feltűnőbb, mivel közvetlen szomszédságban találjuk az andezit egyetlen jelentős felszíni előfordulását.

A bánya felsorolt magmás kőzetein *Földvári* és *Szalay* professzorok radiológiai méréseket végeztek. Eredményeik mikroszkópos meghatározásaimmal teljes összhangban állanak.

A kőszénképződmény kontakthatása a vulkáni kőzetre

Igen feltűnő a kőszénképződménynek, főként a kőszénnek, a bánya vulkáni kőzeteinek kőzettéválási folyamataira gyakorolt hatása. Ez a hatás azonban kölcsönös. Az áttörő vulkáni kőzetnek a komlói kőszénösszletre gyakorolt hatása régen ismert jelenség.

A magmás kőzettől előidézett átmelegedés a szénüléshez hasonló folyamatot idéz elő. A keletkező végtermék minőségére azonban *Petraschek* felfogása szerint sem a kőzet-minőség, sem a kőszén érettségi állapota nem döntő. A végtermék minőségét kizárólag a kontaktustól való távolság határozza meg.

Telérforma áttörése esetén a szén erőteljes átalakulása fél olyan kiterjedésű, mint a telér vastagsága. Teleptelér, vagy lakkolitszerű áttörés lényegesen erősebb hatást idéz elő. A kontaktzóna kialakulása különben igen változatos lehet. Igen gyakran a kontaktzóna olyan keskeny, hogy gyakorlati jelentősége sincs. Máskor — mint pl. Komlón is — néhány cm szélességben természetes koksz keletkezik.

Alanti táblázatunkban a komló, ill. vasasi nyers kőszén összetételét a keletkező természetes koksz összetételével hasonlítjuk össze.

Nyers kőszén

	H_2O	Hamu	C	H	O + N	S
Komló IV. t.	2,79	13,96	63,06	4,65	9,75	3,01
« VIII. t.	7,0	9,1	65,29	5,97	10,57	2,42
« X. t.	1,93	9,83	75,25	4,42	7,05	1,52
Vasas	0,90	22,89	65,89	3,94	4,12	2,26
			Természetes koksz			
Komló	5,2	14,2	60,45	2,92	9,92	0,48
Vasas (3 cm a kontaktustól) .	0,72	20,20	65,59	3,41	7,26	2,82

A táblázatból adódik, hogy a komlói bányában a nyers kőszén hamutartalma mindig alatta van a természetes koksz hamutartalmának. Ez azonban leg-

többször csak látszólagos s a víz és könnyenilló tartalom relatív csökkenésére vezethető vissza.

Mindenesetre számolni kell azzal, hogy az áttörő magmás kőzet és a kőszénképződmény között nagyobb hőfokon különleges kölcsönhatás, különleges rendszer keletkezik, amelyben kölcsönös anyagvándorlással, illetve anyagkicserélődéssel számolhatunk. Így előidézheti a természetes koksz hamutartalmának növekedését a magmás kőzet anyagának szétesése, illetve a magmás kőzet felől jövő anyagvándorlás. Viszont a hamutartalom csökkenését okozhatja, hogy a 450° feletti hőmérsékleten a hamu anyagának agyag- és karbonátrészeiből jelentős mennyiségű víz és CO_2 távozik el. A benyomulás utáni kilugzás a vasasi kőszén esetében szintén ugyanezen irányban hat.

A kőszénnek a magmás kőzet kristályosodására gyakorolt hatása különösen érdekes. A kőszén mellett a magmás kőzet mindig teljesen kifehéredik, megvilágosodik, porfíros elegyrészeit felismerni alig lehet. Közvetlenül a kontaktusnál a kőzet mindig megkeményedik, elkovásodik, pirit és kalcit benne jelentős mennyiségben halmozódik fel. Mikroszkópos képében (1. sz.) a porfíros plagioklász jórészét kalcit tölti ki. A színes porfíros elegyrészek hiányoznak. A kőzetet különböző szélességű kalciterek járják át. Üregeit másodlagos kvarcszemek töltik ki. Az alapanyag az opak szemek átalakulásából származó limonitos foltokkal van tele.

E viszonyokat az alanti elemzési adatok is jól tükrözik.

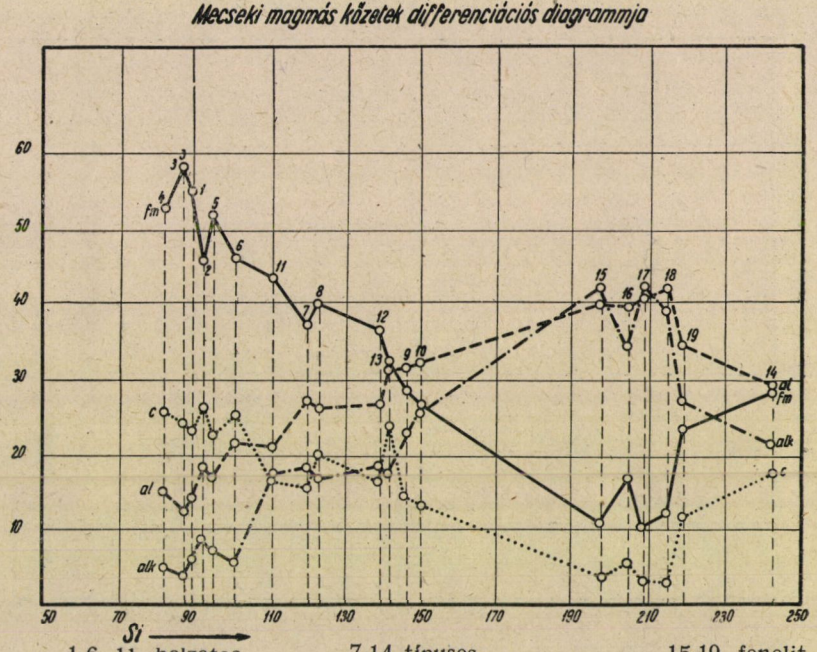
»Porfíros diabáz jellegű« típusos trachidolerit. Elemző: *Nemesné Varga S.*

%	Felszín	Komló bánya (13 sz)	Komló bánya (14 sz) kőszénkontaktusról
SiO_2	43,13	45,12	58,35
TiO_2	4,34	2,38	2,69
Al_2O_3	17,06	17,43	12,08
Fe_2O_3	3,09	2,19	2,58
FeO	8,23	6,28	4,44
MnO	0,15	0,10	0,09
MgO	5,00	2,34	0,93
CaO	7,04	6,06	4,07
Na_2O	3,15	4,32	5,34
K_2O	1,45	1,07	0,30
P_2O_5	0,48	0,43	0,40
H_2O+	4,35	7,85	3,97
H_2O-	0,93	0,78	0,28
CO_2	1,49	3,62	3,78
S (pirit S)	—	—	0,62
	99,89	99,97	99,88
Oxid. fok	0,75	0,69	1,16

Az első kőzet a felszínről, Kárász községből, a másik kettő az V. szint északi főlégvágatóból, a 14. sz. közvetlenül a szénkontaktustól származik.

Mindhárom teljesen azonos típusú »porfiros diabáz jellegű« típusos trachidolerit. Így elemzési adataik összehasonlításából e folyamatnál lejátszódó kémiai változás jól kiolvasható. Az SiO_2 és S-tartalom lényegesen emelkedik, az Al_2O_3, FeO, MgO, CaO, K_2O és H_2O-tartalom csökken. Különösen a H_2O-tartalom csökkenése meglepő. A CO_2 mennyisége a bánya kőzeteinél emelkedik.

A jelenséget a következőkben értelmezhetjük: a kőszénösszlet a magmás kőzet áttörő hatása következtében felmelegszik. A kezdeti felmelegedésnél jelentős mennyiségű H_2O, CO_2, kéntartalmú gázok és egyéb illóanyagok távoznak el. Ez a kristályosodásban levő vulkáni kőzetre erős hatással van. Kialakulni kezdő porfíros elegyrészeit megbontja, különösen a színes szilikátokat és a káli-



1-6, 11. balzatos trachidiolerit
1. Singödör torkolat
2. Márévári völgy
3. Jánosi puszta
4. Lantos völgy
5. Lantos völgy
6. Jánosi puszta
11. Komló bánya

7-14. típusos trachidolerit
7. Hidasi völgy
8. Hosszuhetény
9. Komló
10. Komló
12. Viganvár
13. Komló bánya
14. Komló bánya

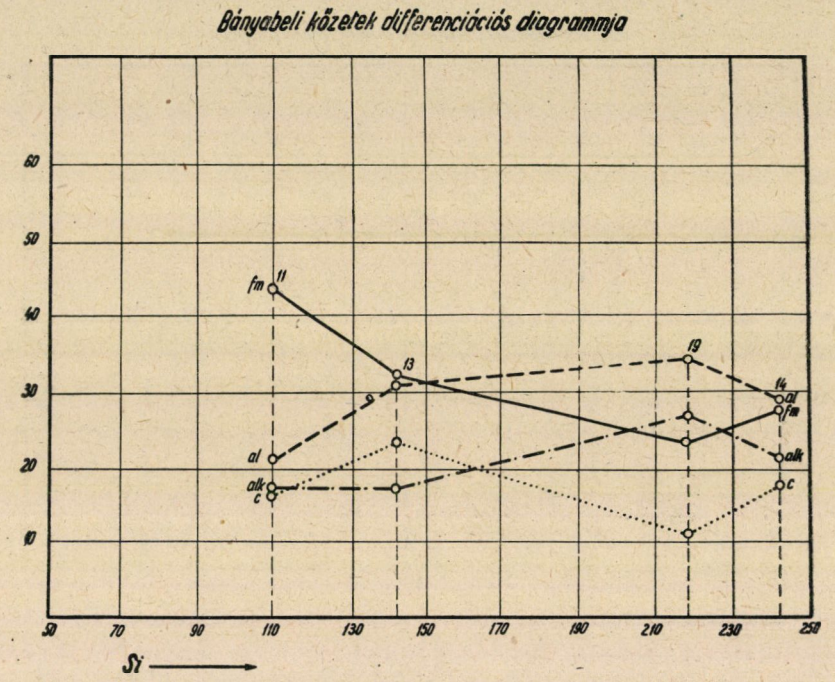
15-19. fonolit
15. Somló tető
16. Somló-Dobogókő
17. Kövesd-tető
18. Kis-Kövesd
19. Komló bánya

3. ábra

földpátot támadja meg (a K_2O-tartalom 1,07—0,30-ra csökken). A kén a színes elegyrészek vastartalmával piritet hoz létre. A porfíros plagioklászok is meghasadnak, helyüket, a kőzet repedéseit kalcit tölti ki. Végeredményben a plagioklász helyét kalcit foglalja el, a színes szilikátok teljesen eltűnnek. A foko-

zódó átmelegedés a két rendszer közötti kölcsönhatást növeli. A CO_2 hatására képződő alkáli és egyébb karbonátok mennyiségében a szénből keletkező kritikus hőmérséklet feletti vízgőz jelentős veszteséget eredményezhet. A megbontott szilikátokból képződő SiO_2 elkovásítja a kőzetet.

A bázisokban mutatkozó általános csökkenés a kovasav mennyiségét viszonylagosan emeli. Ez különösen jól látszik a bányabeli kőzetek differenciációs diagrammjából, ahol a 13. sz. a 14. számúval teljesen azonos helyen szerepel (al, fm, c, alk-értékei alapján), csak a nagy si-száma miatt tolódik messze el.



1-6. balzatos trachidolerit
1. Singödör torkolat
2. Márévári völgy
3. Jánosi puszta
4. Lantos völgy
5. Lantos völgy
6. Jánosi puszta

7-12. típusos trachidolerit
7. Hidasi völgy
8 Hosszuhetény
9. Komló
10. Komló
12. Viganvár

15-18. fonolit
15. Somló-tető
16. Somló-Dobogókő
17. Kövesd-tető
18. Kis Kövesd

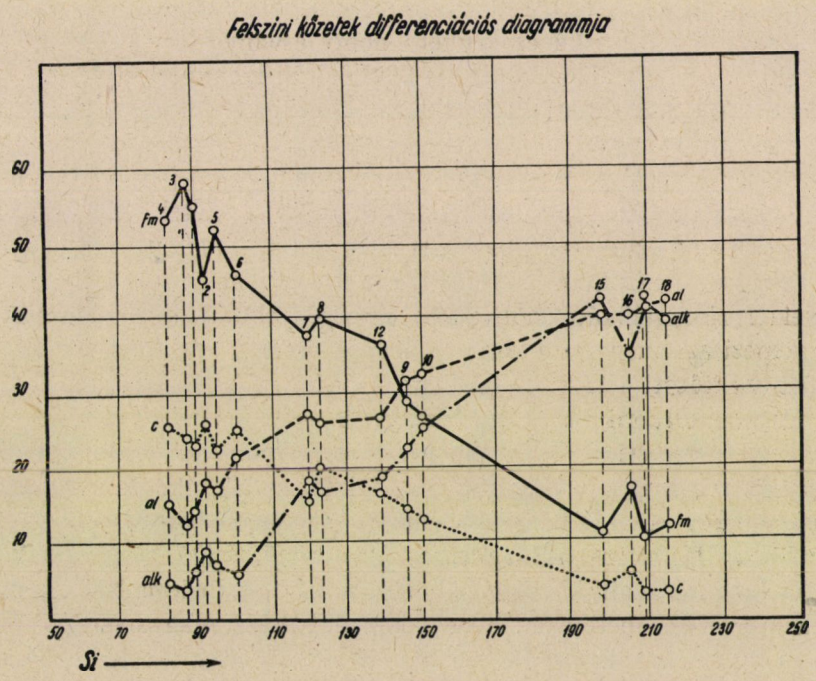
4. ábra

A kérdés sok problémát vet fel, s még sok vonalon tisztázásra szorul. Számos adattal és lépésről lépésre végzett vizsgálatokkal a felvetett kérdés teljes tisztázása igen érdekes feladatnak látszik.

A bánya magmás kőzeteinek viszonya a Mecsek-hegység felszíni kőzeteihez

A bánya magmás kőzetei nem állanak elszigetelten, hanem a hegység felszíni kőzeteivel, ahogy ezt az elemzési táblázatok, differenciációs diagrammok, háromszög-projekciók is bizonyítják, a legszorosabban összefüggnek.

A Kisujbánya-Magyaregregy között található összefüggő trachidolerit lávatakaró a mecseki trachidolerit kitörési központja. E központból kiindulva, a terület kőzetei mind földtani elterjedésük, mind ásványos és kémiai összetételük szempontjából, jól körülhatárolható, mégis szorosan összefüggő sorozatot képeznek.



11. Bazaltos trachidolerit, D-i főkeresztvágat, V. sz.
13. Típusos trachidolerit, É-i főlégvágat, V. sz.
14. Típusos trachidolerit, É-i főlégv. szénkontaktusról.
19. Fonolit, D-i főkeresztvágat, V. sz.

5. ábra

Bazaltos trachidolerit. A legbázisosabb tagokat (lásd az 1., 2., 3. sz. elemzést az erupciós központ északi részén Magyaregregy — Márévári völgy — Singödör — Jánosi-puszta között bezárt területen találjuk. Legtöbbször teljesen bazaltos jellegű, sötét, tömött aprószemű kőzet, jellegzetes interszertális szövettel, igen sok opak elegyrésszel (3. sz. mikroszkópos felvétel).

Porfíros elegyrészei (olivin, titánaugit) gyakran igen jelentős mennyiséget és makroszkóposan is jól látható több mm-es nagyságot érnek el (pl. Jánosi-puszta, Singödör stb.). A Singödörben a bazaltosjellegű trachidoleritből goniométeres mérésekre is alkalmas szép augitkristályokat gyüjtöttünk. Máshol csak elvétve találunk a tömött alapanyagban 1—2 porfíros titánaugit és olivin kristályt. Egyes helyeken pl. a Singödör felső részén a porfíros augit és olivin mellett léces kifejlődésű oligoklász típusú plagioklászok is megjelennek (4. sz. mikroszkópos felvétel.)

Kémiai elemzési adatai alapján (1., 2., 3. sz. elemzés) jól látszik, hogy az SiO_2-tartalom kicsi, viszont a CaO, MgO, FeO és Fe_2O_3 igen nagy. A színes szilikátok mennyisége (M 44,7—54,1 között változik) 50% körüli. Az elemzési táblázatban (1., 2., 3. sz.) a Niggli-féle bázisokból számított molekulanorma hűen tükrözi a mikroszkópos képből kapott ásványos összetételt. Az olivin e kőzetekben 20%, a diopszid (augit) 30% körüli mennyiséget ér el.

Szorosan e kőzetekhez csatlakozik, e kőzeteknek mintegy mélységi, illetve félmélységi típusát képviseli a Lantosvölgy *Takáts Tibor*-féle essexitje (4., 5. sz. elemzés) és a komlói bánya V. szintjének camptonitos jellegű trachidoleritje (11. sz. elemzés). Utóbbiak kémiai és ásványos összetétele az előzőkhöz igen hasonló, csupán a színes porfíros elegyrészek mérete és száma még nagyobb.

Típusos trachidolerit. A Jánosi-pusztáról származó (6. sz. elemzés) az előbbieknél színes szilikátokban valamivel szegényebb, de földpátban gazdagabb kőzet képezi az átmenetet a központi lávatakaró déli részén, a Hidasi-völgy—Kisujbánya közötti területen található biotitos, augitos típusos trachidolerit felé. Utóbbi a központi terület déli felén kívül — noha a bazaltos trachidoleritekkel keverve is megjelenik — inkább a kitörési központ széli részein, legtöbbször nyugat-keleti irányú telérekbe préselve, félkörben jelentkezik. Így idetartozik a hosszúhetényi községi bánya, Viganvár, a Komlói-bánya, Kárász, Vékény környékének földpátos trachidoleritje, Aprószemű, szürke vagy szürkésfekete kőzet, melyben az augit, kisebb mennyiségben a biotit, de leginkább a plagioklász ér el makroporfíros méreteket. Helyenként pl. Kárász, Magyaregregy környékén ezek a makroporfíros, léces kifejlődésű plagioklászok a trachidoleritek jó részében különösen feldúsulnak.

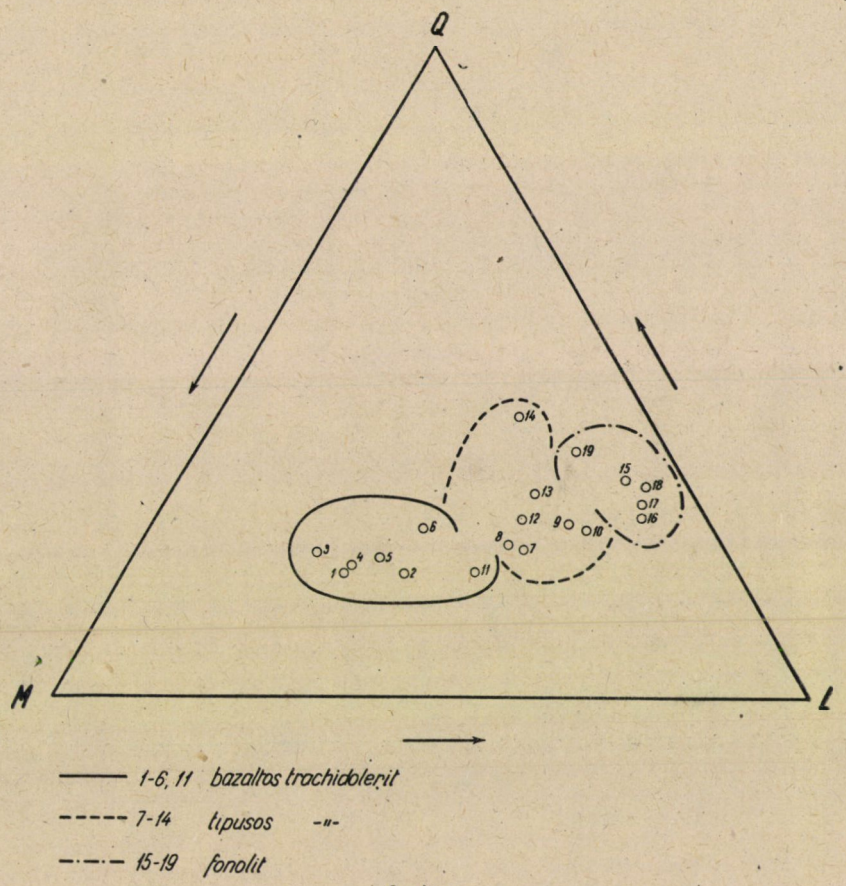
Ezek a kőzetek mind ásványos összetételben, mind külső megjelenésben — lásd az 5. sz. mikroszkópos felvételt — egészen megegyeznek a bánya IV., V., VI. szintjének »porfíros diabáz« jellegű trachidoleritjével.

A típusos trachidolerit kémiai összetételében (7., 8., 9., 10., 12., 13., 14. sz. elemzést) az előbbi csoporthoz képest az SiO_2, Al_2O_3, alkáliák mennyisége nő, a CaO, MgO, FeO, Fe_2O_3 mennyisége lényegesen csökken.

A differenciációs diagrammok különösen jól mutatják ezt a változást, egyben az is látszik, hogy a hidasi és hosszúhetényi trachidolerit valamivel bázikusabb, míg a komlói és a viganvári teljesen azonos összetételt mutat. A bázisokból számított molekulanormák szerint, amit a mikroszkópos vizsgálat

is igazol, az ortoklász mennyisége 6—20%, a plagioklászé 45—70%, a nefeliné 0,17%, a diopszid (augit) mennyisége 5—14% között változik. A biotit általában 3, az olivin 5, a magnetit 2,5—5, a rutil (ilmenit) 1—2%-ot ér el.

Fonolit. A Mecsekben — mint közismert — a fonolitnak mind földtanilag, mind kőzettanilag két jól körülhatárolt (Kövestető—Somló—Dobogókő) elő-

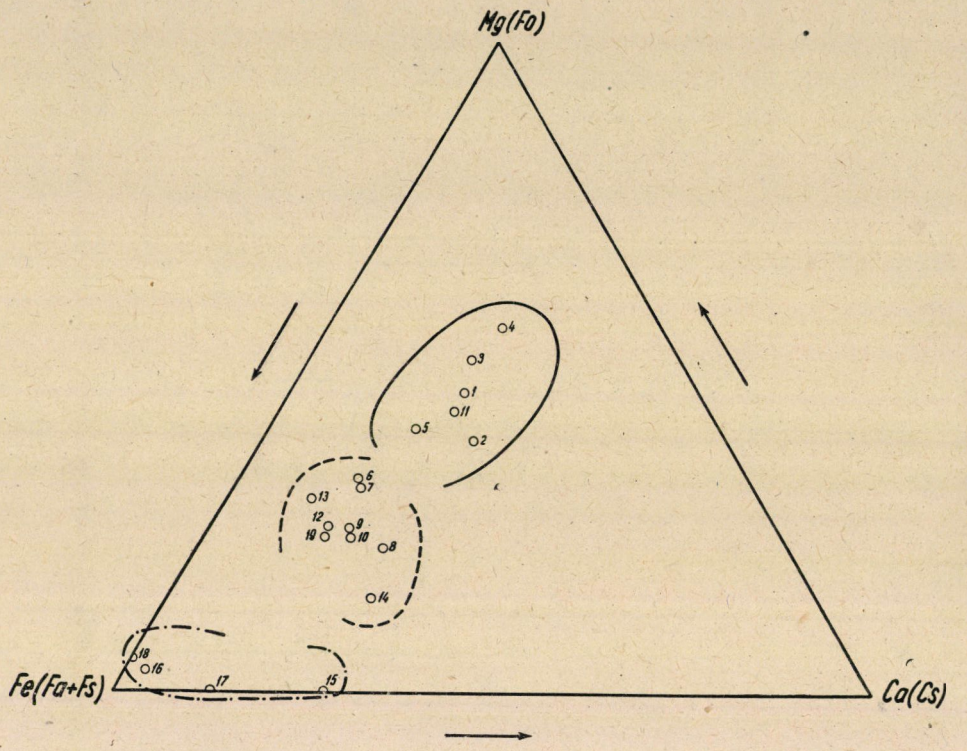


6. ábra

fordulása van. A bánya V. szintjének déli főkeresztvágatában erősen elváltozott formában mindkét fonolitot megtaláljuk. Mégpedig nefelitoid fonolit — trachidolerit — trachitoid fonolit egymásután következő teleptelérek formájában. Az ásványos összetétel és mikroszkópos vizsgálat alapján trachitoid szövetű bányai fonolitunk a Kövestető kőzetéhez áll közel. Elemzési adatai (19. sz. elemzés) — noha si-értéke még a fonoliténál is nagyobb — bizonyos mértékben a trachidoleritek felé tolják el. (Lásd Δ diagrammok, differenciációs táblázatok.)

A bánya V. és VI. szintjében talált nefelitoid szövetű fonolit mikroszkópos képe nagyfokú elváltozása ellenére is jól egyezik a Somló-tetői fonolit mikroszkópos képével (6. sz. mikroszkópos felvétel).

Andezit. A vasasi fúrásokból (Viktória B_1, B_2) előkerült, gyakran elkovásodott mélyszinti andezitek jellege a Budafa, Mánfa-i felszíni előfordulással minden kétséget kizáróan egyezik.



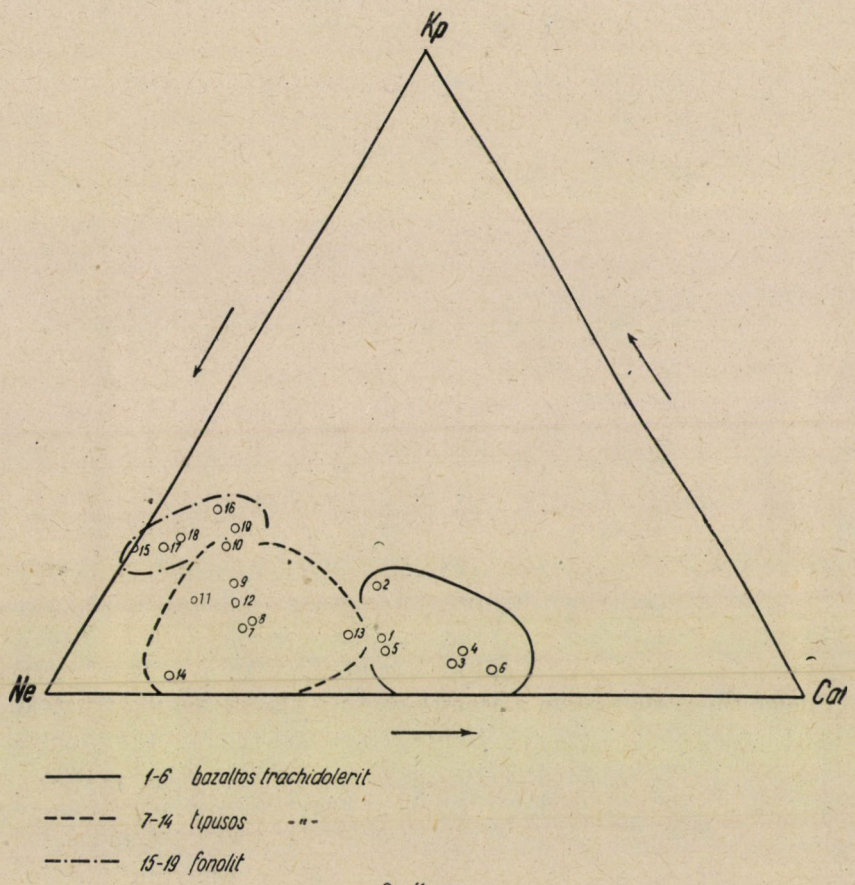
1-5, 11 bazaltos trachidolerit
6-14, 19 típusos -"-
15-18 fonolit

7. ábra

A mellékelt elemzési táblázatokban a terület alkáli kőzeteinek egyes típusai jól elkülönülnek egymástól. Az egyes típusokon belül a kémiai egyezés jól megállapítható, közöttük, ahogy a táblázatok is mutatják, átmeneti tagokkal is találkozunk.

Kiszámítottuk, a trachidoleritek és fonolitok oxidációs fokát is. A legkisebb értéket az essexit mutatta (0,67). A legnagyobb oxidációs fok (1,69—8,02) a

fonolitokra jellemző. A trachidoleritek oxidációs foka a bázikusabb tagoktól a savanyúbbak felé 0,71—2,55-ig emelkedett. Ezek az értékek jó egyezést mutattak *Szádeczky Elemér* elméleti úton számított értékeivel és *Földvári Aladár* radiológiai mérési eredményeivel.



8. ábra

A kőzettani vizsgálatok földtani értékelése

Az eddigiekből és a differenciációs diagrammokból, amelyekben a bánya és a felszín kőzeteit külön is feltüntettük, kétségtelen, hogy a *komlói bánya kőszénösszletében a felszínen meglévő vulkáni kőzete valamennyi típusát megtaláljuk.* A bánya kőzeteinek differenciációs diagrammját a felszíni kőzetekével, valamint az összesített differenciációs diagrammal összehasonlítva jól látszik, hogy a 11. sz. bányabeli kőzet a bazaltos, ill. camptonitos jellegű, a 13. sz. bányabeli kőzet a típusos, közelebbről a »porfíros diabáz« jellegű trachidolerithez, a 19. sz. bányabeli kőzet a fonolithoz tartozik. Valamennyiben a si-érték a megfelelő

felszínieknél kissé magasabb. A 14. sz. közvetlenül a szénkontaktusról származó trachidolerit kiugró értékei a kőszénösszlet kontakthatásával magyarázhatók.

Mindezekből világos, hogy az alsókréta hauterivi vulkánosság sokkal nagyobb méretű volt, mintahogy azt a felszíni feltárásokból várhatnánk.

A lávafolyással kezdődött és tufaszórással folytatódott ismétlődő vulkánosság földtanilag és kőzettanilag szorosan összetartozó kőzettípusokat hozott létre.

A bazaltos trachidoleritek uralkodóan a kitörési központban, illetve annak északi részén, a típusos trachidoleritek uralkodóan a lávatakaró déli részén és a peremeken találhatók. A bazaltos trachidoleritekhez nyugati és déli irányban camptonitos jellegű, a típusos trachidoleritekhez nyugati és északi irányban porfíros diabáz jellegű, hipabisszikus típusok csatlakoznak.

A fonolit vulkánosság sem áll elszigetelten és gyökértelenül a trachidoleritek között, *mélységi folytatása*, ahogy az adatok igazolják, *igen jelentős*, s mint a Dobogó oldalán magunk is meggyőződhettünk a Somló-Dobogókő felszíni elterjedése, valószínűleg nagyobb lehetett. Mindez támogatja *Vadász*-nak azt az eredeti elgondolását, hogy mind a Somló, mind a Kövestető nem lakkolit, hanem terjedelmesen szétterült szubvulkán lehetett.

A fonolit vulkánosság a trachidolerittel nemcsak kőzettanilag, hanem földtanilag is szorosan összefügg. A bányabeli feltárásokban fonolit és trachidolerit teleptelérszerűen közvetlenül egymásmellett következik, ami világosan igazolja, hogy mindkettő ugyanazon kőzetképződési folyamat differenciációs terméke.

A kőzet differenciációs folyamatok a hegység tektonizmusával a legszorosabb összefüggésben állanak. A differenciáció különböző fokán álló lávaanyag teleptelérszerű kialakulását tektonikai mozgások jelentősen előmozdították.

Eddigi ismereteink során a Mecsek-hegység alsókréta vulkánosságát, mint a kárpáti vulkánosság bevezető, ofiolitos típusú kőzeteket létrehozó folyamatát ismertük. A létrejött vulkáni kőzetek alkáli jellegükkel elütnek a hegység és a környező alaphegység magmás kőzeteitől. Újabb vizsgálatok azonban arra mutattak reá, hogy a mecseki gránitnak is kifejezett alkáli jellege van, sőt nem kizárt, hogy a *Mauritz* professzor által legutóbbi időben ismertetett határozottan alkálijellegű bosztonit a gránittal áll genetikai kapcsolatban. Ez azonban feltételezhetővé teszi, hogy az alsókréta fonolitot és trachidoleritet az eredeti magmatűzhely újraéledése hozta létre.

Trachidolerit Elemzések

Lelőhely	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	MnO	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	P_2O_5	H_2O+	H_2O-	CO_2	Elemző
1. Singödör torkolat, Magyaregregy	44,11	4,07	12,12	3,52	9,93	0,20	10,55	10,80	2,80	0,71	0,33		0,50		*Mauritz*
2. Márévári völgy	42,75	3,45	14,41	5,88	6,38	0,11	7,56	11,50	3,17	1,58	0,54		3,0		*Mauritz*
3. Jánosi puszta (déli árok)	44,65	3,10	10,96	3,69	8,96	0,10	12,75	11,57	1,95	0,27	0,41		1,74		*Mauritz*
4. Lantos völgy (sötét, porfiros)	40,98	3,32	12,96	2,12	6,34	0,14	12,73	11,87	2,31	0,49	0,46	3,35		2,53	*Takáts*
5. Lantos völgy (aprószemű)	41,47	4,29	12,88	9,53	4,84	0,14	7,69	9,30	2,96	0,55	0,84	4,42	0,84	1,62	*Takáts*
11. Komló bánya, déli főkeresztvágat V. sz.	45,33	2,77	15,03	4,03	5,94	0,09	6,65	6,51	6,06	1,86	0,20	4,03	1,62	0,32	*Nemesné*
6. Jánosi puszta (északi árok)	42,28	4,48	15,58	6,18	8,77	0,22	4,88	9,95	2,42	0,28	0,55		4,02	0,20	*Mauritz*
7. Hidasi völgy (mellékárok)	44,93	2,74	17,65	5,06	5 65	0,20	3,65	5,64	6,23	1,33	1,11		5,69		*Mauritz*
8. Hosszúhetény, községi bánya	47,08	2,22	17,26	4,98	6 72	0,40	2,68	7,37	5,89	1,47	0,56		3,31		*Mauritz*
9. Komló (ventilátorhoz nyíló árok)	49,65	1,54	18,67	1,96	6,49	0,20	2,01	4,69	6,62	2,44	0,20		5,36		*Mauritz*
10. Komló (légaknától É-ra huzódó völgyből)	50,0	0,88	18,80	2,85	4,85	0,14	1,82	4,15	6,68	3,45	0,34	5,01	0,89	0,08	*Brugger*
12. Viganvár	49,61	0 55	16,43	6,53	5 11	—	2,78	5,62	5,81	1,81	—		4,18	0,51	*Emszt*
13. Komló bánya, északi főlégvágat.	45,12	2,38	17,43	2,19	6,28	0,10	2,34	6,06	4,32	1,07	0,43	7,85	0,78	3,62	*Nemesné*
14. Komló bánya, É-i főlégvágat szénkontaktusról	58,35	2,65	12,08	2,58	4,44	0,09	0,93	4,07	5,34	0,30	0,40	3,97	0,28	3,78	*Nemesné*

Fonolit

15. Somló-tető	56,67	—	19,64	3,45	0,86	0,06	0,02	1,25	10,08	4,07	0,03		3,66	ny	*Mauritz*
16. Somló-Dobogókő	57,75	0,71	19,50	2,65	3,12	0,22	0,10	1,71	7,11	4,86	—		2,68	—	*Emszt*
17. Kövesd-tető	58,43	ny.	19,82	2,74	1,16	0,08	0,02	1,08	9,70	4,09	0,02		2,39	ny.	*Mauritz*
18. Kis-Kövesd	58,97	0,61	20,18	2,18	1,51	0,55	0,12	1,02	8,45	4,28	—		2,32	—	*Emszt*
19. Komló bánya, D-i főkeresztvágat V. sz.	57,60	0,37	15,84	0,93	4,60	0,12	1,16	3,04	5,41	3,30	0,10		4,73	2,67	*Nemesné*

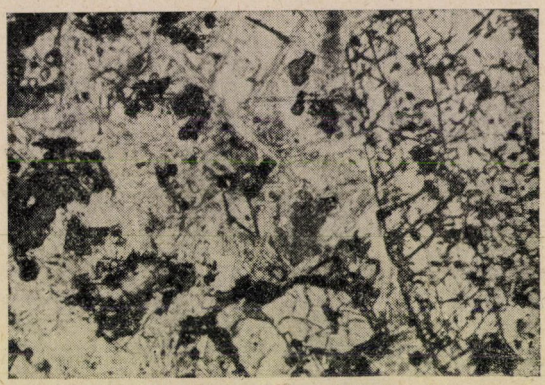
Trachidolerit Molekulanormák

Lelőhely	Or	Ab	An	Ne	Ac	Wo	En	Hy	Bi	Fo	Fa	Mt	Ru	Q
1. Singödör torkolat, Magyaregregy	4,0	13,6	19,0	7,2	—	14,3	12,0	—	—	13,2	10,1	3,7	2,9	—
2. Márévári völgy	9,8	11,2	20,9	11,1	—	15,3	18,0	—	—	10,2	4,6	6,4	2,5	—
3. Jánosi puszta	1,7	15,0	20,5	1,6	—	14,8	21,2	—	—	10,5	8,7	3,8	2,2	—
4. Lantos völgy (sötét, porfiros)	3,0	4,5	25,5	9,7	—	14,9	14,8	—	—	16,0	6,9	2,3	2,4	—
5. Lantos völgy (aprószemű)	3,3	26,7	22,1	1,2	—	11,2	11,2	—	—	8,9	1,4	10,7	3,3	—
11. Komló bánya D-i főkeresztvágat V. szint	11,6	18,5	8,4	22,8	—	10,0	12,0	—	—	5,3	5,1	4,3	2,0	—
6. Jánosi puszta É-i árok	1,8	23,7	33,5	—	—	8,0	8,0	6,8	—	5,0	2,6	7,2	3,4	—
7. Hidasi völgy mellékárok	6,5	30,8	17,2	17,0	—	5,1	8,0	—	3,2	0,2	4,3	5,7	2,0	—
8. Hosszúhetény községi bánya	7,0	32,8	17,2	13,3	—	8,4	5,3	—	3,2	—	5,8	5,4	1,6	—
9. Komló (ventilátorhoz nyíló árok)	13,0	35,8	14,7	15,6	—	3,9	3,5	—	3,2	—	7,1	2,1	1,1	—
10. Komló, légaknától északra	19,5	33,1	11,0	17,8	—	4,2	2,2	—	4,0	—	4,6	3,0	0,6	—
12. Viganvár	11,1	43,6	14,2	7,0	—	6,0	6,0	1,3	—	1,5	1,5	7,4	0,4	—
13. Komló bánya északi főlégvágat	7,0	43,7	27,6	0,9	—	2,8	2,8	—	—	7,1	3,7	2,7	1,9	—
14. Komló bánya északi főlégvágat szénkontaktus	1,7	53,2	9,4	—	—	5,3	2,4	—	—	0,4	4,4	3,0	2,0	18,2
Fonolit														
15. Somló-tető	23,6	43,0	—	23,6	5,6	2,4	—	—	—	—	0,3	1,5	—	—
16. Somló-Dobogókő	28,7	49,6	6,8	8,3	—	0,5	0,3	—	—	—	2,5	2,8	0,5	—
17. Kövesd-tető	23,7	44,0	3,4	19,3	7,4	0,8	—	—	—	—	1,4	—	—	—
18. Kis-Kövesd	24,8	52,6	5,0	12,7	0,8	—	0,4	—	—	—	1,5	1,8	0,4	—
19. Komló bánya, déli főkeresztvágat, V. szint	21,0	52,0	9,8	—	—	2,4	3,6	—	—	—	5,4	1,0	0,3	4,5

Trachidoleri Niggli értékek, bázisok :

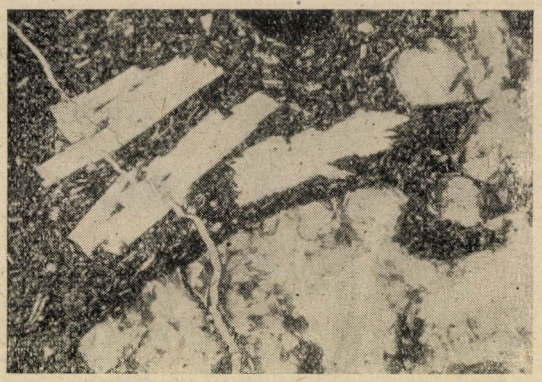
Lelőhely	al	fm	c	alk	si	ti	p	h	k	mg	qz	L	M	Q	π	γ	Kp	Ne	Ca	Cs	Ns	Fo	Fa	Fs	Ru	Q
1. Síngödör torkolat, Magyaregregy	14,5	55,5	23,5	6,5	90,0	6,26	0,28	3,0	0,14	0,59	— 36,0	29,1	51,5	19,4	0,3918	0,2078	2,4	15,3	11,4	10,7		22,2	12,0	3,7	2,9	19,4
2. Márévári völgy	18,5	46	26,5	9	93	5,62	0,50	23,0	0,25	0,54	— 43,0	36,3	44,4	19,3	0,3471	0,2590	5,9	17,8	12,6	11,5		16,2	7,8	6,4	2,5	19,3
3. Jánosi puszta	13,0	58,5	24,5	4,0	88	4,61	0,35	20,0	0,08	0,08	— 28,0	23,9	54,1	22,0	0,5146	0,2052	1,0	10,6	12,3	11,1		26,4	10,6	3,8	2,2	22,0
4. Lantos völgy (sötét, porfiros)	15,57	53,25	25,97	5,21	83,67	5,08	0,39	22,80	0,12	0,73	— 37,17	29,5	51,0	19,5	0,5186	0,2196	1,8	12,4	15,3	11,2		27,1	8,0	2,3	2,4	19,5
5. Lantos völgy (aprószemű)	17,39	52,39	22,86	7,36	95,14	7,38	0,81	33,81	0,11	0,51	— 34,3	32,5	46,4	21,1	0,4092	0,1810	2,0	17,2	13,3	8,4		17,3	6,7	10,7	3,3	21,1
11. Komló bánya D-i főkeresztvágat, V. szint	21,62	43,97	17,06	17,35	110,7	5	0,15	46,04	0,17	0,55	— 19,42	45,9	35,3	18,8	0,1077	0,2771	7,0	33,9	5	7,5		14,3	7,2	4,3	2	18,8
6. Jánosi puszta É-i árok	22	46,5	25,5	6,0	101	8,04	0,56	42,0	0,07	0,38	— 23,0	35,4	38,9	25,7	0,5678	0,1542	1,1	14,2	20,1	6,0		11,0	11,3	7,2	3,4	25,7
7. Hidasi völgy mellékárok	27,5	38,0	16,0	18,5	120	5,48	1,25	53,0	0,12	0,39	— 54	51,0	26,6	22,4	0,2020	0,1429	5,1	35,6	10,3	3,8		8,0	7,1	5,7	2,0	22,4
8. Hosszúhetényi községi bánya	26,5	35,5	20,5	17,5	123	4,3	0,61	30,0	0,14	0,29	— 47,0	48,6	27,6	23,8	0,2119	0,2283	5,4	32,9	10,3	6,3		5,8	8,5	5,4	1,6	23,8
9. Komló (ventillátorhoz nyíló árok)	32,0	29,5	15,0	23,5	146	3,4	0,25	55,0	0,20	0,30	— 48,0	54,8	18,6	26,6	0,1606	0,1559	9,0	37,0	8,8	2,9		4,4	8,1	2,1	1,1	26,6
10. Komló, légaknától északra	33,0	27,0	14,0	26,0	150	1,98	0,36	117,0	0,26	0,30	— 54,0	57,4	16,7	25,9	0,1150	0,1860	13,2	37,6	6,6	3,1		3,9	6,1	3,0	0,6	25,9
12. Viganvár	27	37	17	19	139	1,16	—	41,0	0,17	0,31	— 39	48,3	24,5	27,2	0,1760	0,1837	6,7	33,1	8,5	4,5		6,0	6,2	7,4	0,4	27,2
13. Komló bánya északi főlégvágat	31,51	32,83	20,38	15,28	141,7	5,66	0,54	90,38	0,14	0,33	— 59,4	47,8	20,7	31,5	0,3462	0,1135	4,2	27,0	16,6	2,1		5,6	8,4	2,7	1,9	31,5
14. Komló bánya északi főlégvágat szénkontaktus	29,81	29,78	18,27	22,34	243,5	8,27	0,75	59,12	0,05	0,17	+ 54,0	39,6	17,1	43,3	0,1414	0,2339	1,1	32,9	5,6	4,0		2,2	5,9	3,0	2,0	44,2
Fonolit																										
15. Somló-tető	40,5	12,0	4,5	43	198	—	0,04	42,85	0,21	0,01	— 66	63,6	8,6	27,8	0,0000	0,2093	14,2	49,4	—	1,8	2,1	—	1,1	3,6	—	27,8
16. Somló-Dobogókő	40,5	17,5	6,5	35,5	205	1,89	—	31,5	0,31	0,03	—37	58,6	7,8	32,6	0,0716	0,0513	17,2	38,2	4,2	0,4	—	0,2	3,9	2,8	0,5	32,6
17. Kövesd-tető	42	11	4	43	209	—	0,02	28,6	0,22	0,01	— 60	61,9	7,6	30,5	0,0323	0,079	14,2	45,7	2,0	0,6	2,8	—	1,4	2,8	—	30,5
18. Kis-Kövesd	43	13	4	40	215	1,66	—	28,0	0,25	0,05	— 45	62,0	5,8	32,2	0,0484	0,000	14,9	44,1	3,0	—	0,3	0,3	2,4	2,4	0,4	32,2
19. Komló bánya, déli főkeresztvágat, V. szint	35,39	24,43	12,33	27,85	219	1,14	0,23	57,31	0,29	0,27	+ 7,60	49,7	11,8	38,5	0,1187	0,1225	12,6	31,2	5,9	1,8	—	2,7	5,9	1,0	0,3	38,5

1. Típusos trachidolerit. 40 ×N +
Komló bánya, V. sz. északi főlégvágat, közvetlenül a szénkontaktusról. A kőzet erősen kalcitosodott. A porfiros plagioklász alsó részét teljesen kalcit tölti ki



2. Kamptonitos jellegű trachidolerit. 80 ×N‖
Komló bánya, V. sz. déli főkeresztvágat. A nagytömegű és nagyméretű színes porfíros elegyrész kamptonitra emlékeztető jelleget ad a kőzetnek. A kép jobboldalán több mm-es augit-kristály, alsó részén automorf olivin szerpentines hálózattal, baloldalán és középen barna amfibolok. Az alapanyagban interszertálisan elrendeződött földpátlécek és apró apatit-tűk jól láthatók

3. Bazaltos trachidolerit. 80 × N‖
Márévári völgy alsó részéből. Az interszertális alapanyagban a kép bal felső sarkán titánaugit, jobb alsó rész kalcedonos üregkitöltés látható



4. Trachidolerit. 40 × N||
Singödör felső részéből. A pilotaxitos alapanyagban a kép bal felső részén szerpentinesedett olivinbeágyazások

5. Típusos trachidolerit. (porfíros diabázjellegű) 40 × N||
Magyaregregytől keletre emelkedő hegyoldalból. A trachitoid alapanyagban nagy makroporfíros, kaolinosodott plagioklásztáblák

6. Fonolit (nefelitoidszövetű) 80 × N||
Somlyó teteje. Az alapanyag trachitszerűen elrendeződött finom földpátlécei között igen feltünőek a nefelin fehér téglalap, hatszögalakú átmetszetei. A porfíros elegyrészek között az egirin zöldszínű (a képen fekete) kristályai és halmazai dominálnak

IRODALOM

Földvári Aladár: Rádióaktív anyagok geokémiája a Mecsek hegységben. Akadémiai Közlemények. 1952. 4. f.

Mauritz Béla: A Mecsek hegység eruptivus kőzetei. M. kir. Földtani Intézet Évkönyve. XXI. 151. (1913).

2. *Mauritz Béla:* A magmatikus differenciáció a ditrói és a mecseki foyaitos kőzetekben. Mat. Term. Tud. Értesítő, XLVI. 241. (1925).

3. *Noszky Jenő:* Bányaföldtani jelentései. (Nyomtatásban nem jelent meg.)

4. *W. Petrascheck* und *W. E. Petrascheck:* Lagerstättenlehre. Bécs, 317. (1950.)

Szádeczky-Kardoss Elemér: Új geokémiai vegyértékszabály és az elemek geokémiai csoportosítása. Akadémiai Közlemények, 1952. 4. f.

5. *Takáts Tibor:* Essexit a Mecsek-hegységből. Mat. Term. Tud. Ért. L. 617. (1933.)

6. *Vadász Elemér:* A Mecsek hegység. 1—148. (1935.)

7. *Wein György:* Uj kutatási eredmények a komlói bányából. (Nyomtatásban nem jelent meg.)

Az előadáshoz hozzászólt:

FÖLDVÁRI A., KISS J.,
NOSZKY J., SZÁDECZKY-KARDOSS E.,
SZTRÓKAY K. I., TELEGDI RÓTH K.,
VADÁSZ E., VENDEL M.,
VITÁLIS S.

MECSEKI VASÉRCKÉPZŐDÉS

SZTRÓKAY KÁLMÁN IMRE
(Eötvös Lóránd Tudományegyetem)

A Mecsekhegység területén három vasércelőfordulásról van tudomásunk. Mindhárom a peremi részeken, ill. a hegység szegélyén került felszínre. Közös vonás, hogy mind a három tektonikailag erősen igénybevett övezetben mutatkozik. De ásványos alkat és kiképződés módja tekintetében lényegesen különböznek egymástól s így a vizsgálati eredmények mérlegelésekor külön-külön kell foglalkoznunk mindhárom kérdéssel.

I. MÁGNESVASÉRCNYOMOK MAGYAREGREGY KÖZSÉG KÖZELÉBEN

A lelőhely és környéke. A baranyamegyei Magyaregregy határában, a községtől mintegy 1,2 km-nyire északnyugatra az ú. n. Iklódi- (újabban Vasbányavölgyi) árok vízmosásos, szakadékos bevágásában a mágnesvas-rögökben, hömpölyökben van a felszínen. Az érchömpölyök egyéb kőzetdarabok társaságában mutatkoznak. Kisebb példányok elszórva a fővölgy oldalágaiban is fellelhetők. Az érchömpölyök a torton alemeletbe sorolható, durva konglomerátumjellegű, laza összeállítású rétegekből kerülnek ki. Kőzettanilag e képződmény a mezozói üledékek darabjaiból, jobb megtartású trachidolerit-görgetegek változó (nem ritkán méteres) nagy darabjaiból áll. Kötőanyaga túlnyomórészt laza, murvásan széteső, zöldes-barnás színű trachidolerit törmelék. Helyzetét illetően az enyhén (20—25°) északnyugat felé dőlő rétegei a fiatalkori mozgásokban való részvételt jelzik és konkordánsan hozzásimulnak a fekvőben levő lajtamészkő-csoport üledékeihez. E lajtamészkő alatt a még ugyancsak tortonai foraminiferás tengeri agyagrétegek helyezkednek el, majd ezalatt az a változatos felépítésű lemezes agyagképlet jelentkezik, melyet *Noszky J.* szerint a tortonai-összlet legalsó tagjaként lehet minősíteni.

A közelebbi környék szelvénye szerint tehát az érchömpölyök a lajtamészkő fedője gyanánt mutatkozó sekélytengeri, ill. partközeli képződményből kerülnek a felszínre.

Az ércdarabok között emberfej-, zsáknagyságú, sőt többtonnás példányok is akadnak. Az érchömpölyök alakja inkább éles, szögletes. A legömbölyödés, koptatottság csak igen csekély mértékben észlelhető. Az érchömpölyöknek három csoportját különböztethetjük meg. 1. szemcsés, üreges, kalcitlemezekkel, néha hematittal vegyes ércanyag; 2. finomszemű trachidolerittel összetapadt

tömör ércanyag, az érc és kőzet között 3—4 cm-es agyagos szalaggal; 3. »skarn«-jellegű hömpölyanyag, melyben centiméter és deciméter nagy érccsomók szívós, tömött zöldesszürke, alapkőzetbe ágyazódnak.

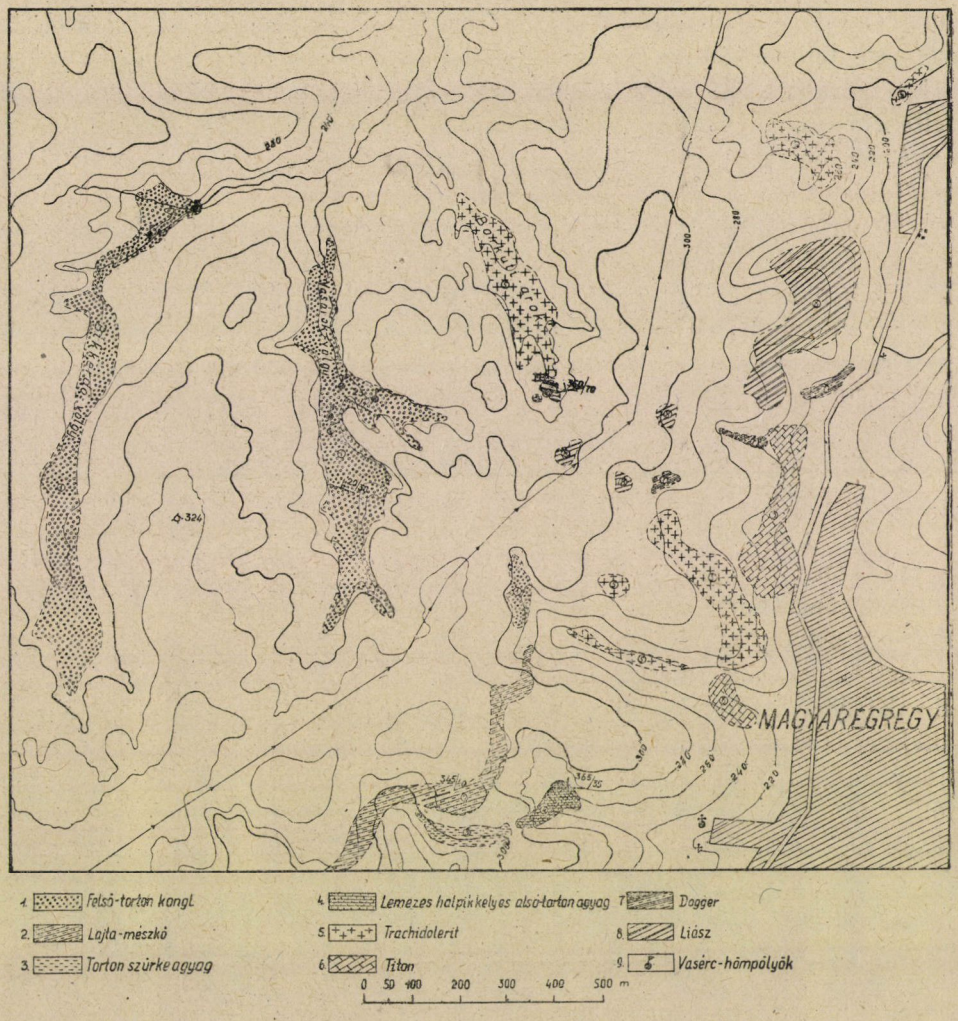
Az érces völggyel északkelet felől szomszédos ú. n. Borkuti-árokban a földtani felépítés merőben eltér az előbb vázoltaktól. Ebben a völgyben, jóllehet csak 200—250 m széles gerinc választja el az Iklódi-ároktól és a mérete, lefutása is igen hasonló ehhez, az érchömpölyös durva tortonai-üledékeknek a legcsekélyebb nyoma sem mutatkozik. Itt a völgy alsó (északi) nyílásától egészen a völgyfőig helybenálló trachidoleritet látunk feltárva. Ez a kőzet azonban egyáltalán nem friss megtartású; színe kissé világos barnás és gömbhéjasan-hengeresen szétesö állapotban van.

A Borkuti völgyfőnél, közvetlenül a gerinc alatti beszakadásban, nagyon zavart telepiülési mezozói (alsóliász) üledékek jutnak kisebb foltokban a felszínre, melyek a Mecsek ez északi peremvidékén egyúttal a legnyugatibb jura-alaphegység-nyomokat is jelentik (1. ábra).

Ércgenezis. A magyaregregyi mágnesvaskő keletkezésére vonatkozó korábbi megállapítások némi módosításra szorulnak (12). A területen lefolytatott geofizikai kutatással — melyet *Egyed L.* volt szíves végezni — és ugyanakkor *Noszky J.*-nek részletes földtani térképezésével karöltve újabb, alaposabb vizsgálatot végeztünk.* A helyszíni és mikroszkópos megfigyelések lényegesebb eredményei a következők:

Az ércanyagnak a trachidolerittel való közvetlen érintkezése minden kétséget kizáróan bizonyítja, hogy az *érckeletkezés ideje* semmiképp *nem korábbi a krétaidőszaki magmatevékenység periódusánál.* Az érces hömpölyök között számos példány akad, melyen a trachidolerit kőzethez odatapadva találjuk meg a tömör ércet. Az érc és kőzet agyagszerű és szalagosszerkezetű kontaktszegély közvetítésével érintkezik. A szalagos közbülső rész vékonycsiszolatában csak zöld, szerpentinhez közelálló aprószemcsés kitöltést, klorit-szigeteket, apatitkristályokat, kevés kvarcot és opak érczsinórokat látunk. Az erősen elváltozott, főképpen vízgőz és egyéb tényezők (P!) hatására elbontott kőzet ércmikroszkópban azt mutatja, hogy a kontakt-szalag ércfrontja felől finomszemű ércfüzérek indulnak ki, majd mindinkább gyérülnek és a másik oldal, a kőzethatár felé elfogynak. Ez ércszemek mind magnetitből állnak és a tömeges mágnesvasra jellemző martitos szerkezetűek; a közöttük levő kisebb hézagokat pedig ugyanúgy kalcit tölti ki, mint a tömeges színércben. Ha a minták másik oldalát, a kőzetrészt vizsgáljuk, akkor az szabadszemmel nézve sötétszürke vagy szürkéskék színárnyalatú, aprószemű eruptív kőzetnek látszik, melyben nagyobb elegyrészek, beágyazások nem mutatkoznak. Vékonycsiszolati képben nagyon finomszemű, bazaltos megjelenésű trachidoleritnek bizonyul. Szövete interszertális-bazaltos; az alapanyagot lécalakú földpáthálózat és gazdag opak

* E munkálatokban nagy segítséget jelentett *Noszky J.* közreműködése és újabb megállapítá sainak felhasználása. Mindezekért ezúton is hálás köszönetet kell mondanunk.



1. ábra. Magyaregregy környékének vázlatos földtani térképe

érchintés jellemzi. Üvegrész nincsen ; a színesek egészen elbomlottak s helyüket fűzöldszínű, kloritszerű bomlástermék és kalcit tölti, ki. Egyes mintákban az apatit bőségesen mutatkozik, s jól fejlett kristályai epigenetikus keletkezést árulnak el. Elvétve egy-egy nagyobb földpátbeágyazás is mutatkozik, az optikai sajátságai alapján erősen bázisos (labrádor-bytownit) jelleggel.

Hangsúlyoznunk kell, hogy az érces völgy közvetlen környékén felszínen levő (Borkuti-völgy) trachidoleritjének szövete és kőzettani alkata teljesen megegyezik a vázolt sajátságokkal.

Az eddigiekből tehát annyi megállapítható, hogy az érckiválás a trachidoleritel, ill. ennek feltörését követőleg jött létre, továbbá az érchömpölyökhöz

hozzátapadó és érintkezési hatást szenvedett kőzet igen közeli rokonságban van, sőt teljesen azonos a közvetlen környék szálban álló magmás kőzetével. Mivel ez a szöveti forma a közelebbi környéken másutt nem mutatkozik: feltehető, hogy az ércdúsulás *a mai lelőhelytől nem messze* jött létre. Erre utal egyébként egyes érchömpölyök tekintélyes mérete és sarkos-szögletes alakja is (Tábla. 1. kép).

Azonban az érces rögöknek van egy másik csoportja, melynek vizsgálatával az ércképződés lefolyásának részletei jobban kinyomozhatók. Főképpen a Borkuti-árokhoz (melynek völgyfejénél mint mondottuk, a liász üledékek is kibuknak) legközelebb eső oldalvölgyben azok az érces görgetegek vannak a felszínen, melyeknek külseje és egész alkata különösen figyelemreméltó: sárgászöld, szürkészöld színezetű, szívós »szkarn«-jellegű kőzetanyagnak látszik s benne több cm-es érces csomók (rozetták) ágyazódnak. Egyes példányokban tojásnyi-ökölnyi, durván kristályos mészkőgumók világosszürke foltjai láthatók, avagy sötétebbszürke, finomszemű mészkődarabok tapadnak az érccel össze. Ezeknek a mintáknak a mikroszkópos vizsgálata meglepően új eredményeket szolgáltatott.

A zöldszínű, szkarn-jellegű kőzet uralkodólag *gránátból és epidotból* áll, melyhez nehány más szilikátásvány is társul. A gránátkristályok színe sárga, barnászöld, barnás (grosszulár-andradit); a felépítés jellegzetesen *zónás* (!). E kristályok belső magja még izotróp, de kifelé a zónás szerkezet mindinkább kifejezetté válik; a zónák cikkelyenként párhuzamosan oltanak ki, hosszanti irányban pozitív jelleggel. A kristályok csíráját gyakran valami idegen szemcse, főképpen opak-érc adja. E gránát helyenként sűrű, tömött halmazban, másutt füzérszerű sorakozásban vizsgálható s főleg kalcit, ritkábban gélszerű opak ércanyag ragasztja össze. Mellette az epidot finomszemcsés, félig automorf kristályok halmazaként, vagy egyes elszórt csoportokban mutatkozik. Színe világos sárgászöld, jelentékeny pleokroizmussal. A kőzetben a *kalcit* mindig bőségesen, durvaszemcsés ikerlemezes szerkezetben jelentkezik. Továbbá nagyon szép és jólfejlett automorf kristályokban az *albit* (Ab = 90%) is gyakori tagja az együttesnek. Ez leginkább az érchez hozzánőve, vagy éppen magnetit-kristálycsoporton egyesleg ülve, nyúlttáblás kristályokban mutatkozik. Kristályait ugyancsak kalcit fogja körül, mely az albit felületén nagyon gyakran visszaoldódást, bemaródást idézett elő. Az említett ásványokon kívül *kvarc* is megállapítható alaktalan határvonalú, víztiszta szigetekben, hullámos kioltással. Továbbá alárendeltebb mennyiségben zömökkristályos *apatit*, valamint a pisztacitos részlegekben *vezuvian, diopszid, titanit, zoizit, wollasztonit* jellegzetes, de apró kristályos formában, valamint finom, ecsetszerű képletekben *amfibol* (aktinolit?) egészíti még ki az együttest. Mindezek az ásványok, habár nagyrészt csak mikroszkópikus kifejlődésben is, de a magnetittel együttesen: *a karbonátos kontaktuson létrejött oxidos vasérckialakulást jelzik* (Tábla, 2., 3., 4., 5. kép).

Kapcsoljuk mindehhez a mágnesvas ércmikroszkópos vizsgálatának eredményeit. A magnetitre jellemző a jó kristályos, idiormorf kifejlődés. Az ép magnetit teljesen izotróp. Ikerlemezesség nem mutatkozik. Ellenben igen kifejezett a kristályok finomrajzú zónás felépítése, amit különösen savas étetéssel lehet jól észlelni. Az így kezelt csiszolatok felületén kifejezetté válik a kristálynövekedés közben történt termetváltozás, az (110) forma érvényrejutása. Az érces kialakulásban több generáció sorakozik egymásra s így bizonyos ritmikusság állapítható meg. Az érces szalagok közeit legtöbbször kalcit, ritkábban szerpentinszerű anyag tölti ki. A nagyobb idiomorf kristályok mindig a legkésőbbiek, de belső magjuk ilyenkor üreges, vagy idegen anyaggal van kitöltve. Az első generáció kristályaiban nagyritkán parányi pirit-csíra is mutatkozik. Igen fontos szöveti sajátság a bőséggel jelentkező *martitosodás*, t. i. a mágnesvas részleges átalakulása ferrioxiddá. Ez a jelenség részben zónásan, a kristálykörvonallal párhuzamosan, részben a kristály belső magrésze körül jellegzetes képletek formájában az egész ércanyagon belül általánosan el van terjedve. Azt jelzi, hogy az érckiválással egyidejű, ill. azt követő hőcsökkenéssel szorosan összefüggő mozzanatról van szó, vagyis a sajátságos érchozó tevékenységnek szerves, kiegészítő jelensége. Egyben jelzi a szulfidércek hiányát is, t. i. a szulfidos kiválások redukáló hatása miatt martitosodás nem képződhetnék (Tábla, 6., 7. kép).

A *hematit* — mint az előbb felsorolt ásványtársulásban az várható is — önállóan is keletkezett: a jellemzett gránát-epidotszirtben finoman lemezesszerkezetű, vascsillámból álló fészkek vannak. Ezenkívül a tömeges vasérc üregeiben pikkelyes hematitkristályok halmaza csillog, ami az ércképződés normális hőcsökkenésére utaló ferrioxid-generáció létrejöttét jelenti. Mikroszkópban ennek vékonytáblás kristálycsoportjai, fészekformában összeilleszkedő halmazai jól megkülönböztethetők a martitos átváltozás termékeitől.

A kőzetanyagtól mentes vasércminták vegyelemezésének átlagos eredménye a következő:

SiO_2	6,74%	
Al_2O_3	2,22%	
TiO_2	0,16%	
Fe_2O_3	78,84%	
MnO	0,15%	Elemző:
CaO	6,23%	*Nemesné Varga S.*
MgO	0,75%	
P_2O_5	0,16%	
Na_2O	0,14%	
K_2O	0,14%	

Az elemzési eredmény számértékeiből a nagyon gazdag vastartalom mellett figyelmet érdemel az alkáliák, a Mn, legfőképpen pedig a Ti-tartalom feltűnő — de várható — csekélysége. A CaO mennyisége az ércanyagban mindig jelenlevő kalcitból ered, az SiO_2 számottevő súlyszázaléka a kvarcos-szilikátos szennyezéssel magyarázható. A foszfortartalom itt aránylag csekélynek mindható, ellenben

az érccel közvetlen határos kontaktkőzetből külön elemzéssel meghatározva, már $P_2O_5 = 0{,}34\%$-nak adódott, az apatitos mellékkőzetben pedig $P_2O_5 = 1{,}31\%$-ra szökött fel.

Összegezve a vizsgálat eredményeit, a magyaregregyi mágnesvas keletkezésére vonatkozólag a következőket kell kihangsúlyoznunk.

A sarkos-szögletes, nem koptatott felületű, néha többtonnás rögök ércanyaga kétféle kőzettel társul. Finomszemű bazaltos trachidolerittel, melynek az érintkezésnél némi agyagosodástól eltekintve, teljesen azonos szövetű képe van, mint közelebbi környék szálbanálló trachidoleritjének. Sajátosan »szkarn«-jellegű gránátos epidot-szirt a másik kőzet. Ez nem éles kontakt-szalaggal érintkezik a tömeges érccel, hanem a szívós kőzet belsejében, kisebb-nagyobb gumók, elmosódó határú csomók alakjában, a többi elegyrészekkel szoros paragenetikai összefüggésben jelentkezik az érc. Ez utóbbi együttes különös figyelmet érdemel, mivel a gránátkristályok anizotrópok és cikkelyesen zónás a felépítésük. Az epidot finomszemcsés pisztacit-szövetet árul el. Ezek mellett bőséges kalcit, szépen fejlett albit, apróbb szemekben vezuvian, titanit, wollasztonit, diopszid, aktinolit és kevés kvarc egészíti ki az ásványtársulást. Mindez a karbonátkőzetekkel történt érintkezés révén keletkezett oxidosvas feldúsulást jelez. Ugyanennek az ércgenézisnek nyomós bizonyítékai jelentkeznek magában az ércanyagban is: a mágnesvas felépítése zónás, a sajátalakú kifejlődésben a rombdodekaéder a leggyakoribb alak; minden szemcse — szinte kivétel nélkül — martitos átalakulást árul el, továbbá az ércben a Ti-tartalom egészen hiányzik és a szulfid csak igen csekély nyomokban van jelen. Mindez, mint mondottuk, első megközelítésben a karbonátos kontaktuson történt kialakulás legjellemzőbb bélyegeit jelenti.

Azonban számolnunk kell azzal, hogy az ércben számottevő foszfornyomok vannak és a magmás kőzettel való érintkezéskor a P_2O_5-tartalom határozottan feldúsult. Ez viszont éppúgy, mint a trachidolerithatáron keletkezett agyagos kontaktszegély másik ércképződésre is enged következtetni. Idesorolandó még az is, hogy a trachidoleritnek megfelelő bázisosjellegű magma határán az eddigi ismereteink és geokémiai megfontolások szerint kontaktércesedés nem igen alakul ki, ez csakis savanyúbb magmából és kellő szintmélység esetén jön létre. Ugyanígy az érvek közé sorolandó az is, hogy az ércszövet képe, a szemcsék belső magjában látható lyukak, a szilikátanyagokból álló gócok, parányi piritcsírák, az üregek falán ülő magnetitkristályok zavart, finom zónássága, továbbá a hematitnak két generációban való jelenléte, mind az aránylag gyorsan, tehát nem nagy mélységben lezajló folyamat mellett tanuskodnak.

Azonban az ércfelszaporodás *csakis* a trachidolerittel lehet kepcsolatos, mert az érckeletkezés eruptív jellege nyilvánvaló, viszont a krétaidőszaki magmatevékenység után olyan kémizmusú kőzet a hegységből nem ismeretes, mely vasérc-differenciációra alkalmas lehetett volna. Tehát — az eddigiek szerint — olyan *kisebbmérvű intruzív ércinjekció áll előttünk*, mely az Északmecsek

tektonikai vonalában, az ittlevő mezozói karbonátos érintkezésben, kontakt-pneumatolitos jelleget nyert. Az ércoldatnak vízgőzben, foszforban való gazdagsága nagy mozgékonyságot és aktívitást jelentett s felnyomulása a trachidolerit feltöréssel egyidőben vagy azt követőleg az Északmecsek szerkezeti vonalának mentén zajlott le. Rendszertanilag a kialakulást likvidmagmás-pneumatolitos átmeneti formának kell minősítenünk, vagyis ú. n. pneumotektikus képződésnek, határozott hidrotermális beütéssel, ami a mélységre nézve kifejezetten szubvulkáni nívóban történt kialakulásra utal.

A helybenálló ércesedés nyomát eddig geofizikai módszerekkel nem sikerült megtalálni. Mai feltevésünk szerint kisebb ércfelszaporodás történt s ezt a mediterrán időszak nagy térszínformáló és letaroló működése elpusztította s az ércanyag így kerülhetett bele a felsőtorton durvatörmelékes üledékei közé.

II. A ZENGŐVÁRKONYI BARNAVASÉRC

A baranyamegyei Zengővárkony község határában, a községtől 3 km-nyire keletészakkelet irányban, kisebb vízmosás völgye tárta fel a barnavas-előfordulást. E vasérces terület szervesen kapcsolódik a Keletmecsek mezozoós alaphegységéhez, illetőleg a Zengővonulat délkeleti előteréhez tartozik. A terület lankás, kevéssé tagolt, átlagosan 250—300 m magas felszínét a harmadkori tenger abráziós működése alakította ki. Ezen a meglehetősen tagolatlan felszínen a Zengővonulat felől kifelé irányuló fiatal völgyek hoztak létre domborzati formákat. Ezek a csekélyvízű patakok a magasabb alaphegységrészről kilépve, itt a lankás előtérben lényegesen csökkent bevágódással haladnak tovább. Völgyük túlnyomórészt a szerkezettel össze nem függő harántvölgy s így — bár csekély a bevágódásuk — helyenként jó feltárásokat eredményeznek. A vasérclelet is egy ilyen kisebb völgybevágódás révén került a felszínre.

A terület földtani képződményei. A felszínt túlnyomó részben lősztakaró fedi. A lősz átlagos vastagsága 2—3 m, de egyes pontokon 5 m-nél is vastagabb. A lősz alatt a jurasorozat üledékeihez tartozó képződmények vannak, a kréta-időszaki trachidolerit jelentős kifejlődésű közbetelepülésével.

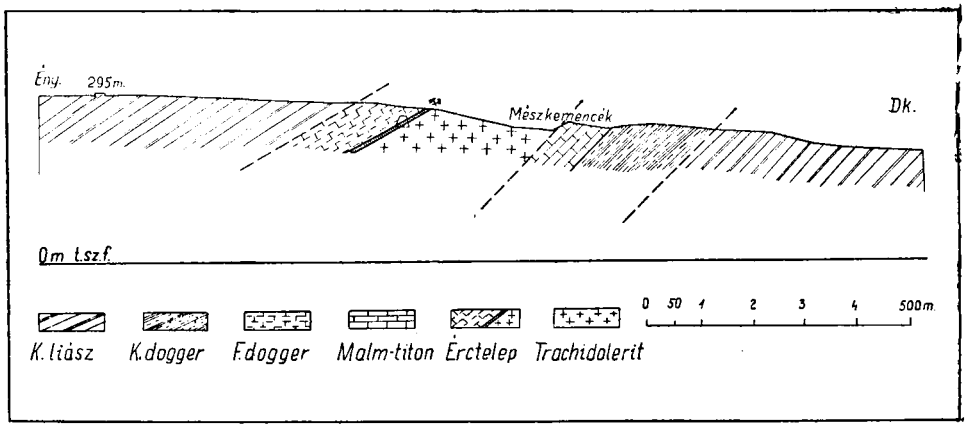
A jurasorozat legidősebb tagja területünkön a középső liászba sorolt meszes homokkő vagy homokos mészkő. Ez kövületben szegény üledék, benne csak szivacstűk és pentacrinus nyéltagok láthatók elvétve. Frisstörésű felülete jól érezhető bitumenszagot áraszt. E középső liász rétegei a Zengővonulatban és annak délkeleti oldalában széles övet alkotnak. Területünkön is ez az üledék van a legnagyobb kifejlődésben képviselve. Általában 315/25—35° helyzetű rétegei a Mecsek keleti juraperiklinálisának övéhez illeszkednek.

A jurasorozat többi tagja közül a szürke, csillámos-homokos középső doggerbe tartozó agyagmárgát kell említeni, továbbá még a durván kristályos

szemcsés, krinoideás mészkövet, mely itt kissé szokatlan kifejlődésben, világos-sárgásszürke vagy fehéresszürke színben mutatkozik.

A malmüledékek két taggal vannak képviselve. Az egyik az oxford-kimmeridge emeletbe sorolt, vöröses, gumós, ammonitás, márgával vegyes mészköve. A másik a sárgásfehér, simatörésű tűzkőgumós titon-mészkő.

A malm után a krétaidőszaki trachidolerit jelentős kifejlődésű képződményét kell említenünk. Feltűnő, hogy a trachidolerit ezen a területen rozsdabarna, barnásszürke színben mutatkozik és laza, murvásan széteső, kézzel morzsolható viselkedése van. Szabadszemmel benne agyagos-kloritos alapanyagot s néhol alig kivehető porfiros kristálykörvonalakat lehet felismerni. Friss felületén rozsdás szivárgásnyomok, fehér, diónyi-ökölnyi meszes konkréciók



2. ábra. A zengővárkonyi barnavas-település szelvénye

mutatkoznak. Ez utóbbiak bányanedvesen könnyen szétkenhetők, savval hevesen pezsegnek. Gyakran a felületeken sejtes, ikrás képződmények láthatók, melyek kovás vagy karbonátos gélszerű anyagból állanak. Mikroszkópban csak erősen elbontott kőzetanyagot, főképpen kloritféléket lehet felismerni. Más, közelebbről meghatározható elegyrésze nincsen.

A neogén fedőhegység tagjai (helvét-torton rétegek s a pannon üledékek) északkelet, dél és délnyugat irányban csak távolabb, kisebb foltok formájában mutatkoznak.

A jellemzett terület felépítéséről a mellékelt szelvény nyujt tájékoztatást (2. ábra). A szelvényen bemutatottak szerint a barnavasérc egyetlen teleptelérszerű alakban, az elváltozott trachidolerit és a dogger szemcsés mészköve között helyezkedik el. A telep vastagsága 0,6—1,8 m között változik. Helyzete átlagosan 320/30°. A kutatóvágatokban és az itt dőlésirányban mélyített két ereszkében az ércanyag vastagsága igen változó, sőt a délnyugati vágat végén

az érc egészen kiékül s mindössze néhány cm-nyi homokos ér marad meg a fedő- és fekükőzet érintkezése helyén.

Az ércanyag sajátságai. A vasércanyag színe okkerbarnától, sötét feketésbarnáig változik. Fehér-sárgásfehér kalciterek hálózzák át, melyek sokszor párhuzamos sorokban futnak és ilyenkor az ércnek réteges jellege van. Különben az ércnek semmineműkristályos szerkezete nincsen. Bányanedvesen napszintre kerülő érc a levegőn való állás után szabálytalan felületek mentén válik széjjel, ami némileg a hasadásos (pátos) viselkedéshez hasonlít. Nem üreges. Kísérő ásványok az emliten, kalciton és egyes opálos fészkeken kívül, nem láthatók. A külszíni kibúvás anyagában éppúgy, mint az ereszték feltárásában, a fekü felőli részlegben ökölnyi-fejnagyságú, zöldesszínű zárványok találhatók. Ezeknek anyaga nedvesen lágy, faragható, sőt kenhető.

Mikroszkóppal az ércben *szerves maradványok* igen gazdagon mutatkoznak. A testecskék mérete 0,1—0,5 mm közt változik s anyaguk tisztára barnavas. Ércmikroszkóppal vizsgálva, a felület reflexióképessége szerint az anyaguk a tűvasérchez áll közel. Vékonycsiszolati képben rókavörös-, barnásvörös színben áttetsző testeknek mutatkoznak. Az alak keresztmetszete teljesen kör, ferdén metszve ellipszis, míg a hosszanti metszet hordó (tonna) alakot mutat. A szerves testek belsője teljesen ki van töltve a barnavas szemecskés anyagával. Szerkezetbeli tagoltság nem látható, csupán különleges alakú üregek, ill. csatornák futnak belül végig: e csatornák keresztmetszeti képen disszimmetrikus helyzetben négy combcsont-alakú üreget formálnak. Ferdemetszés esetén hat vagy nyolc kisebb köralakú üregként mutatkoznak. Hosszmetszetben pedig a hordóalak tengelyével párhuzamosan két-három hosszanti csatorna alakjában vizsgálhatók. A csatornák belső tere üres, avagy egészen fekete (opak) anyaggal van kitöltve (Tábla, 8., 9. kép). E szerves maradványokra nézve mindezideig annyi volt megállapítható, hogy a legnagyobb valószínűség szerint növényi maradványokról van szó, és pedig a többsejtű algák Dasycladaceae vagy a Codiaceae család tagjaihoz hasonlítanak leginkább. Az egyik ércesiszolatban *Moess*-né *Rásky K.* egy gyakoribb és közismertebb, ugyancsak dasycladacea-családba tartozó mészalga-töredéket ismert fel.

A vasércből eddig számos elemzés készült. Ezekből néhány átlagminta összetételét mutatjuk itt be.

	DNY-táró ereszke	ÉK-kutatóárok	ÉK-táró ereszke	
SiO_2 + oldht.	8,02%	7,18%	6,02%	
CaO	17,51%	14,61%	8,62%	
($CaCO_3$)	31.25%	26,08%	15,38%	
Fe	37,24%	40,94%	48,07%	(Elemző : *Csajághy G.*)
(Fe_2O_3)	53,25%	58,54%	68,74%	
Mn	0,36%	0,26%	0,23%	
P_2O_5	0,52%	0,48%	0,70%	

Az átlagminták elemzéséből kitűnik, hogy a vastartalom aránylag kis határok közt ingadozik. A mészkarbonát nagy súlyszázalékkal van képviselve és a P_2O_5-tartalom is jelentősnek mondható. Ezzel szemben az SiO_2 aránylag csekély, ugyanígy a Mn-tartalom is feltűnően kis mennyiséggel szerepel.

A vasércanyag teleptelérszerű kifejlődése ellenére semmiféle kontaktképződmény sem a fedőkőzet, sem a fekü trachidolerit felé nem mutatkozik. Kísérőásványok, melyek az ércképződés folyamán, vagy azt követőleg jöttek volna létre, a közömbös kalciton, az opálos átitatásokon (ez utóbbiban *Koch S.* (6) megfigyelése szerint tűvaskristályokon) kívül, nem láthatók. Az ércanyag egyes helyeken szilárd, tömött, másutt földes, homokos, okkerszerű. Az érclap egyik felülete sem sík, hanem hullámos: kivastagodások, vagy néhány decimétternyi elvékonyodások jellemzik. Az ércanyagon belül, különösen a trachidolerit felé eső oldalon, nagyobb zöldesszínű zárványok vannak, melyeknek közelebbi vizsgálatakor kiderült, hogy elbomlott, főként kloritfélékből álló halmazok s csakis a trachidolerit származékai lehetnek.

Mindezek a bélyegek és a mikroszkópi vizsgálattal nyert eredmények amellett szólnak, hogy *üledékes eredésű* vasérc-képződményről van szó. A vasérc a vizsgálat szerint nem más, mint organikus maradványok halmaza. E szerves eredetű testek anyaga szemecskés vashidroxid (β-FeOOH). Kellőleg ki kell hangsúlyoznunk, hogy az ércanyag uralkodólag ezekből a (valószínűleg algákhoz tartozó) testecskékből, ill. töredékeikből áll! Van ugyan még helyenként az érc anyagban amorfszerkezetű, koncentrikusan gyűrűzött részleg is, de ezen jól látszik, hogy másodlagosan, a könnyen mozgó vashidroxid-szól újrakicsapódásából keletkezett.

Az ércanyag tehát *biogén eredetű* képződmény. Ezt bizonyítja az elemzési eredmények állandó foszfortartalma, a mészkarbonát jelenléte, az Mg hiánya és a viszonylag csekély Si, Al-tartalom, valamint ezt erősítik meg az ércanyagban levő homokos részlegek is. De mindezek mellett igen lényeges az, amit a délnyugati táró vájatvégén lelt kiékülés kőzetanyagában tapasztalunk. Ez a zsinórszerűen elvékonyodott, vörösesszínű homokos-agyagos anyag kétségtelenül az ércszinthez tartozik és bőven tartalmaz *mikrofaunát*. Benne echinushéj- és szivastű-töredékek mellett számos foraminifera állapítható meg. A faunaelemek jelentőségét különösen emeli, hogy a *Calpionella alpina Lorenz* is gazdagon képviselve van. Ennek felismerését, ill. meghatározását *Majzon L.*-nak köszönhetjük (akinek egyébként sikerült itt egy új foraminifera genuszt is lelnie. Ennek közelebbi vizsgálata most van folyamatban). A calpionella-t először *Wein Gy.* (14) találta meg Kárpátalja belső szirtövében, később a Gerecséből és a Vértes kőzeteiből is előkerült. Jelenléte *szintjelző*: csakis a felsőjura (titon-berriasi), ill. legalsó kréta (valangini-barrémi) tengerének üledékeiben otthonos. E faunaelemeken kívül a kőzetanyagban több ép körvonalú, de elbomlott augitkristály maradványa is látható, ami csakis a trachidolerit kitörésből kerülhetett ide.

Ércgenézis. A barnavas-felszaporodás lehetőségeit mérlegelve elsősorban is a germán oolit-tal való párhuzamosításra lehetne gondolni. De ennek ellene szól a merőben eltérő szöveti szerkezet, a határozott biogén jelleg, a mikrofauna vezérelemének az alsókréta időszakra *is* utaló lehetősége, továbbá az, hogy a Mecsekhegység üledékeinek megegyező szinttáján sehol sem találkoztunk eddig azonos vagy csak hasonló képződménnyel. Tehát csak helyi, kisebb kifejlődésű képződésnek minősíthető.

Egyszerű volna a vasban gazdag trachidolerit egykori felszínének lepusztulása folytán, a felszíni vizekkel ideszállított vashumát-bikarbonátos oldatok megfelelő koncentrációjára következtetni. Ezt viszont az ércanyagban mutatkozó kristályos tufaanyag jelenléte, továbbá a mikrofaunának a felsőjurát *is* jelentő fellépése cáfolja: tehát az érckialakulásnak meg kellett előznie a krétaidőszaki magmatevékenység periódusát.

Ha ezekhez a tényekhez hozzákapcsoljuk, hogy az ittlevő eruptív kőzet különösen laza, szétomló, kilúgzott állapotban van s hogy egész jellege és viselkedése merőben eltér a Mecsek többi trachidoleritjeitől, de feltűnően egyezik az irodalomban ismertetett bázisos magmatermékek halmirolízissel elbontott tengeralatti kialakulású kőzeteihez, úgy a keletkezés körülményeinek mérlegelésekor más megoldás kínálkozását kell elfogadnunk.

A főkérdés elsősorban az, hogy mi hozhatta létre azt a vasban aránylag gazdag környezetet, mely a vízi növénytelep életfeltételeit biztosította? E pontnál az elmondott okokból a bázisos magmatevékenység bevezető szakasza felé fordítjuk a figyelmet. Ismeretes, hogy a tengervíz nagyon csekélymennyiségű vasat tartalmaz: literenként alig 2γ-át. A folyóvíz pedig átlagosan 1 mg/l $Fe_2O_3 + Al_2O_3$-at tartalmaz. Tehát a tenger vizének helyi vaskoncentrációja ilyen alapon nem volna megmagyarázható. Ha az ismertebb tengeri vasérctelepek felé fordítjuk a figyelmet, az évszázadok óta művelt Lahn-Dill-vidék devonidőszaki üledékes vasérc-genézisére vonatkozólag már eléggé elfogadható vizsgálati adatok állanak rendelkezésünkre. *Cissarz* (2., 3.), *Lehmann* (7., 8.) és tanítványai, *Schneiderhöhn* (10.) kutatásai, továbbá *Stirnemann*-nak (11.) kísérletekkel is bebizonyított eredményei arról számolnak be, hogy a devon szinklinálisban bázisos (diabáz weilburgit) tengeralatti magmafeltörés történt. A Lahn-Dill-környék nagy kiterjedésű telepeinél bebizonyított tény, hogy az üledékes érc mindenütt közvetlen genetikai és földtani kapcsolatban van az eruptív anyaggal. A szubmarin feltörésből a könnyen illó gázok és gőzök, valamint a gyors lehűlés következtében a hidrotermális fázis termékei is a tengervízbe jutottak s így kifejezetten tengeralatti exhaláció zajlott le. A számos megfigyelésből és a vulkáni exhalációs jelenségek ismeretéből tudjuk, hogy az illékony összetevők között jelentős szerepe van a ferrikloridnak, mely — nagy valószínűség szerint — a tengervízzel a következő reakcióba lép:

$$2\ FeCl_3 + 3\ H_2O \rightarrow Fe_2O_3 + 6\ HCl,$$

a ferrioxid azonban a nyomásnak és hőmérsékletnek hirtelen csökkenése következtében (*Cissarz* kísérlete szerint) csak erősen diszpergált, instabilis kolloid formájában válhatik le. Lényegesek e tárgyban *Stirnemann* kísérletei, aki vaskloridgázt és vizet egymással reagáltatván, azt tapasztalta, hogy 130° alatt vashidrát, 130—150° közt rostos szálas vasoxid és csak 250—500° között képződik tiszta kristályos Fe_2O_3. Nagyon csekély parciális nyomás esetén vasoxidklorid is keletkezhetik, mely azonban később elég gyorsan átalakul, éspedig alacsony hőmérsékleten vashidráttá, nagyobb hőfokon hematitszerű anyaggá. Ezek a vizsgálatok egyébként jól összevágnak *Posnjak* és *Merwin* megfigyeléseivel is. A tengervízben lezajló reakciók természetesen nem az egész környezet, hanem csak a benyomuló gáz hőfokától függenek. Ha kisebb tömegű magmaanyagról van szó, az állapotjelzők hamarosan leszállhatnak a hidrotermális, sőt az alacsonytermás hő és gáznyomás intervallumára. Amennyiben reakciótermék gyanánt mégis ferrioxid vált volna le, ez instabilis kolloidális ferrioxid, melyer nézve *L. H. N. Cooper* vizsgálatai mérvadók (4.). Eszerint a ferrovas vizes oldatának képződése a redoxpotenciáltól függ, vagyis a $Fe^{\cdot\cdot\cdot}$-nek $Fe^{\cdot\cdot}$-vá való redukcióját így írhatjuk fel:

$$4\,Fe^{\cdot\cdot} + O_2 + 2H_2O \rightleftarrows 4\,Fe^{\cdot\cdot\cdot} + 4\,(OH')$$

ez azt jelenti, hogy alkáliák jelenlétében a reakció az egyenlet baloldali irányában zajlik le, míg neutrális v. savas közeg esetén ferrivas válik ki. A jelek azt mutatják, hogy a trachidolerit tengeralatti feltöréssel kerül a felszínre. A kitörést megelőző ill. bevezető mozzanatként vagy esetleg az erupció tartama alatt is, vasas exhaláció termékei jutottak a tenger vizébe. Ennek bőséges alkali-tartalma redukálólag hatott s így a növényi organizmusok számára könnyebben felvehető ferrohidroxid feldúsulásával megfelelő élethely (biotop) létesült.

A tengeralatti feltörés helyes kőzettani értékelésére vonatkozólag ugyancsak a legújabb megfigyelésekre kell utalni. Helytelen volna azt gondolni, hogy az izzó hőmérsékletű olvadéknak a tengervízzel való hirtelen érintkezésekor robbanásszerű jelenségek kíséretében szétporlódás zajlik le. *Kemerling* hollandiai geológus pl. azt tapasztalta Jáva egyik krátertavában, hogy a felnyomult lávatömeg hosszú időn keresztül teljes nyugalomban, vörösen izzott a víz színe alatt és gőzburok választotta el a víztömegtől. A gőzburok alatt az anyag aránylag lassan, az intruzív jellegek megnyilatkozása közben, hült le s csak amikor a hőáramlások, valamint a láva-utánpótlás kimaradása révén előállt hőcsökkenés eloszlatta a gőzburkot, merevedett meg a kőzetanyag egészen. Azonban szilárdsága a bekövetkezett repedezettség miatt a rendesnél kisebb lett. Hasonló jelenségeket figyeltek meg Santorin szigetén is. Ezzel egyértelműen számol be kísérleteiről *V. M. Goldschmidt*, amikor az első világháború idején mesterséges horzsakőkészítés céljából a megfelelő olvadékot nagyobb vízmedencébe ömlesztette: az a várakozás ellenére teljesen nyugodtan viselkedett,

több napon keresztül gőzburok vette körül, mely alatt az anyag vörösen izzott s csak később merevedett meg anélkül, hogy a várt horzsakő kiképződött volna. Helyette repedezett, darabokra könnyen széteső, kristálycsírákkal és krisztallitokkal behintett anyag keletkezett.

Mindez megmagyarázná azt, hogy a trachidoleritben csak klorit-félék, kalcit, másodlagos kova-kiválások, amorf vasas, mangános szivárgások állapíthatók meg. A vasérc anyagában levő lágy zöldes zárványok jellege pedig ugyancsak kilúgzott-elbomlott trachidoleritdarabokra utal. A homokosabb ércanyag apró augitkristálymaradványai ugyancsak a helyi magmás kőzetből juthattak a vízi eredésű üledékbe. Másszóval tengeralatti kitörés során került a trachidolerit kontakthatás nélkül a biogén képződésű vasas üledék fölé, töredékei és egyes kristálykái belekerültek az ércanyag közé. Maga az eruptív kőzet pedig a vízalatti kihűlés, majd az ezt követő erőteljes halmirolízis révén elvesztette eredeti, a Mecsek többi részéről jól ismert sajátságait és szilárdságát.

Mindezek alapján a jura-kréta időszak határán kialakult, csekély kifejlődésű vasas üledéket és a trachidoleritet *közel* szingenetikus képződésnek lehetne tekinteni.

Hegyszerkezeti helyzetét illetően utalnunk kell *Vadász E.*-nek arra a megállapítására, hogy a Zengővonulat keleti lábánál Ófalu-Pécsvárad között jól kijelölhető hosszanti törésvonal halad végig. E törésvonal mentén a megtorlódott és egymásra pikkelyeződött juraképződmények rendellenes érintkezése jött létre. Ezt tapasztaljuk az ófalui Kohltal-ban, a pécsváradi főtemplom mellett és ugyanez állapítható meg itt, e törésvonalba beleeső zengővárkonyi Mészkemencénél is. Mindhárom ponton megtaláljuk a jurarétegek közé befogott laza, átalakult trachidoleritet is. A zengővárkonyi szerkezet tehát a Zengővonulat déli boltozatának északi szárnyában kifejlődött redőzés, illetőleg a kristályos alaphegység peremén keletkezett megtorlódásnak több törésvonalon elfenődött pikkelyeződése.

Ez a tektonizmus gyűrte magába a jurakori rétegekre eredetileg rátelepült trachidoleritet s ilymódon — jelenlegi helyzetében — a nála idősebb dogger, illetőleg a biogén vasérc alá, fekühelyzetbe került. Bár a területen határozott törésvonalmenti elmozdulásnak közvetlen kinyomozása nem sikerült, a szerkezet tagjainak rendellenes elhelyezkedése, valamint a jurasorozat hiányosságai magukban véve ezt bizonyíthatják.

III. A PUSZTAKISFALUI VÖRÖSVASÉRC

A Zengővonulat délkeleti előterében az előbbi barnavas-előfordulástól mintegy 1,5 km távolságban, Pusztakisfalu község délkeleti szélén szemcsés mészkő van kisebb külszíni művelettel feltárva. A kőzet vörösessárgás színű, benne kisebb kövületnyomok, különösen pentacrinus nyéltagok mutatkoznak. A korábbi megállapítás e kőzetet az aaleni emeletbe sorolta, míg az újabb

vizsgálatok *(Noszky J., Wein Gy.)* szerint sokkal inkább a felső dogger krinoideás mészkövének felel meg. Helyzetét illetően kisebb fentmaradt röge annak az élénk tektonizmusnak, mely itt a kristályos alaphegység közvetlen peremvonalán lezajlott s különösen a jurasorozat üledékeit összetört és elfent pikkelyekre tagolta.

A sárgás, néha élénk vöröses kőzetet litoklázisok szabdalják át s a kisebb-nagyobb fellazulások, hasadékok mentén, vagy azok környékén érces bezsákolások láthatók, melyek helyenként telérszerű képletet formálnak.

A kőfejtő déli falában közel 20 m hosszú, folyosószerű üreg nyílik, melynek belsejében karsztjelenségek nyomai láthatók. A mészkő réteglapjai eléggé kimozdult (55°-os) helyzetben északdéli csapásúak. A kisebb hasadékokban téglavörösszínű bentonitos viselkedésű agyagkitöltések vannak. A tömöttebb kőzetet dm széles, szalagos kalciterek járják át. Az ércben gazdagabb testek körül zöldesszínű, csillanó kitöltés látszik, mely levegőn kanárizöld porrá esik széjjel.

Éles határ a mészkő és érc között nincsen, inkább csak a sötétvörös szín elfakulásából lehet az érc fokozatos kimaradására következtetni. Az érces darabok felszínén finoman hullámos, vagy zeg-zúgos rajzolat figyelhető meg, mely a hematit egyenlőtlen, ritmusos eloszlása révén áll elő. Az ércben gazdagabb részekben apró, néhány mm-es üregecskék gyakoriak, melyeknek belseje víztiszta, villogó kvarckristálykákkal van kibélelve. De kvarccal vegyes a tömött érces anyag is, ami különösen a frisstörésű felületen jól észlelhető.

Mikroszkópi *vékonycsiszolatban* az látszik, hogy az érces anyag *zöme kvarckristályok* szövedékéből áll. Az egyes kvarcszemek a padlókövezet (Pflaster) mintájára szorosan egymáshoz illeszkednek. Víztiszták, átlátszók, de belsejükben egyenletesen elszórva, vagy kisebb-nagyobb csomókban hematit-táblácskák ágyazódnak (Tábla, 11., 12. kép). A zárványként kialakult hematit-kristálykák alakja legtöbbször szabályos hatszög s jól kivehetőleg a romboéder és bázislap kombinációja. A vékonyabb lemezkék áttetszők, színük rókavörös, vagy vérvörös. Az egyes kristálykák mérete átlagban 10—25 μ között változik. A hematit mellé sokszor egy mézsárga-gyantasárga színű, tűstermetű kristályos anyag társul, mely helyenként gazdagon jelentkezik és összefüggő halmazokat, rácsozatszerű, sokszor csomós képleteket alkot a kvarckristályon belül. Pontosabb meghatározása a kis méret és zárványkénti szereplés miatt nehézségekbe ütközik, azonban a megfigyelhető sajátságok alapján tűvasércnek kell minősítenünk.

Az *érc képződésére* vonatkozólag annyi biztosan megállapítható, hogy *nem* üledékes eredetű fémfelszaporodásról van szó. Ezt bizonyítja a víztiszta kvarc szemcsés-kristályos és fennőtt-kristályos kialakulása, főképpen a belsejébe zárt, ugyancsak kristályos hematitnak hidrotermális hőmérsékletre való termeti sajátsága. De ezt bizonyítja a település helyzete, ill. a jellemzett érces anyagnak és a mészkőnek fokozatos átmenetben mutatkozó érintkezése. A keletkezést illetően még leginkább ismét a tengeralatti exhaláció jelenségei nyujtanak

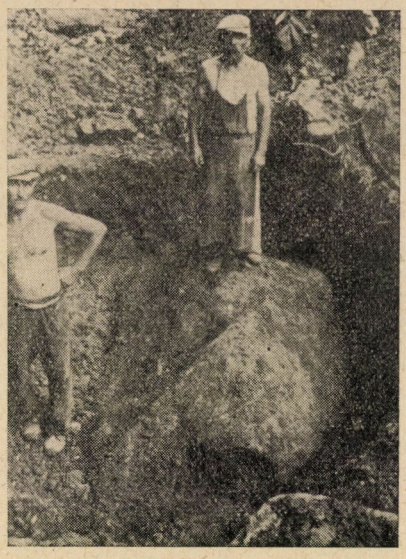
elfogadható magyarázatot. A szakirodalom számos példáját ismeri az ilyen karbonátdús környezetben létrejött, kvarcból és hematitból álló kiválásoknak, melyeknek keletkezése csakis tengeralatti gázfeltöréssel magyarázható. Az előbbiekben tárgyalt genézis kapcsán hangsúlyoztuk, hogy a gázfeltörések anyagában egyik főalkatrész a ferriklorid, melyhez legtöbbször sziliciumklorid is társul. A két gáz a tengervízzel az ismert cserebomlásba lép és SiO_2, valamint Fe_2O_3 keletkezik sósav kíséretében. Az előzőkben *Stirnemann* kísérletei kapcsán kifejtettük, hogy nagyobb, 250° körüli hőmérsékleten már tiszta, kristályos Fe_2O_3 képződik, aminek létrejöttét különösen elősegítheti az, hogy a cserehatásként előállt sósavat a környezet nyomban neutralizálja. Természetesen ugyanez áll a kristályos SiO_2 leválására is. Vizes környezetbe történt közepes hőmérsékletű gázfeltörések esetén a keletkezett termékek zöme mindenütt a szereplő két kristályos tagból áll. Másszóval feltehető, hogy itt a kristályos alaphegység szélén futó tektonikai vonal mentén kialakult ferrivas kvarcos felszaporodása, valamint az ércnek a mészkőben való elhelyezkedése, olyan genetikai körülményeket jelentenek, melyek alapján joggal gondolhatunk a hasonló keletkezés létrejöttére.

IRODALOM

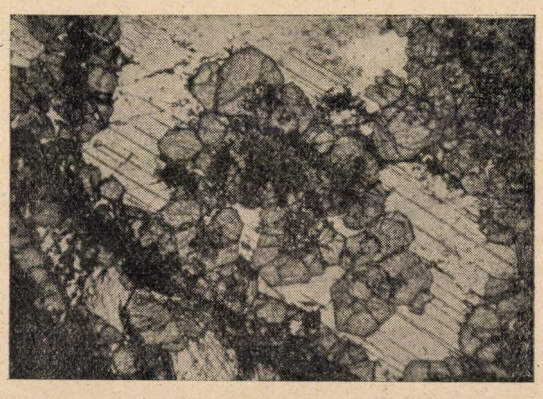
1. *Barth—Correns—Eskola:* Die Entstehung der Gesteine. 1939. Berlin.
2. *Cissarz A.:* Mineralogisch-mikroskopische Untersuchung der Erze und Nebengesteine des Roteisensteinlagers der Grube Maria bei Braunfels. Mitteil. d. K. W. Inst. f. Eisenforschung *5.* 1924.
3. *Cissarz A.:* Übergangslagerstätten innerhalb d. intruziv-magmatischen Abfolge. N. Jahrb. Beil. Bd. *54.* A. 1927.
4. *Cooper L. H. N.:* Some conditions governing the solubility of iron. Proc. Roy. Soc. London. Ser. B. Vol. 124. 1937. (Idézve: Barth—Correns—Eskola.)
5. *Kegel W.:* Zur Kentniss d. devonischen Eisenerzlager in der südl. Lahnmulde. Z. prakt. Geol. *31.* 1923.
6. *Koch S. — Grasselly Gy. — Donáth É.:* Magyarországi vasércelőfordulások ásványai. Acta Univ. Szegediensis. Sectio scient. rat. 1950. 24. (Acta mineralogica, petrographica. 4.)
7. *Lehmann E.:* Die magmatische Mineral- u. Gesteinsprovinz im Mitteldevon des Lahn- Dill- Gebiets. Z. Deutsch. Geol. Ges. *86.* 1934.
8. *Lehmamm E.:* Das Nebengestein des Eisenerzlagers Theodor bei Aumenau. N. Jahrb. Beil. Bd. *67.* A. 1933.
9. *Noszky J.:* Magyaregregy környékének részletes földtani térképe. 1 : 5000. Kézirat.
10. *Schneiderhöhn H.:* Lehrb. d. Erzlagerstättendkunde. Jena 1941.
11. *Stirnemann E.:* Über die Bildungsverhältnisse der Eisenerzlagerstätten im System Eisenchlorid-Wasser. N. Jahrb. Beil. Bd. *53.* A. 1925.
12. *Sztrókay K.:* A mecsekhegységi magnetit. Földtani Közlöny, 1941.
13. *Vadász E.:* A Mecsekhegység. Budapest, 1935.
14. *Wein Gy.:* Földtani szelvény az Ung mentén. Földt. Int. Vitaülés Munk. *5.* 1943. (Függelék a Földt. Int. 1943. évi jelentéséhez.)

Az előadáshoz hozzászólt:

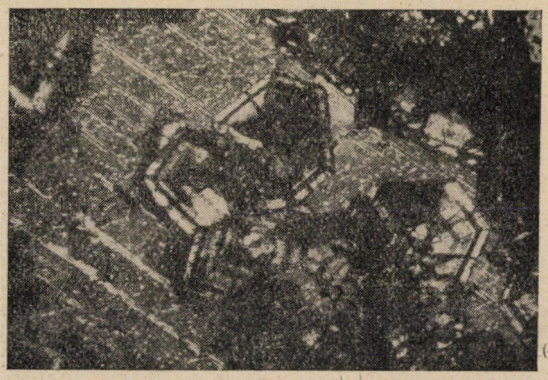
EGYED L., JANTSKY B.,
NOSZKY J., VADÁSZ E.



1. kép. A legnagyobb magnetit-hömpöly képe a magyaregregyi Iklódi-árokban. Alakja sarkos-szögletes; felületén éles tarajok láthatók. Mindez a csekély koptatást, ill. kis távolságra történt szállítást bizonyítja. A görgeteg súlya kb. 14 tonnára becsülhető

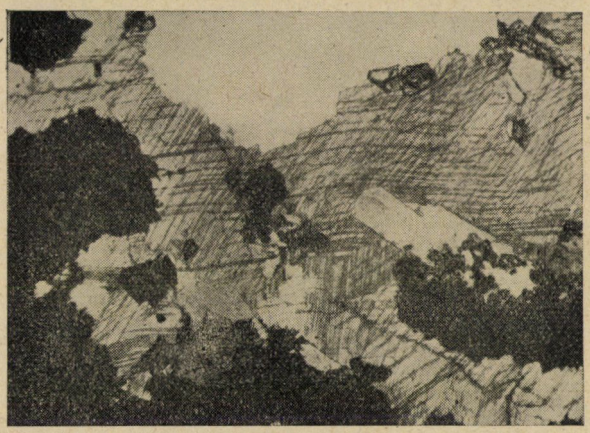


2. kép. A magyaregregyi »szkarn«-jellegű gránitszirt mikroszkópi képe vékonycsiszolatban. Középen sajátalakú gránitkristályok csoportja, melyet kalcit fog körül. Fekete részek: magnetit-szalagok és csomók, melyeken a zónás gránátkristályok ülnek. Nagyítás 40 ×



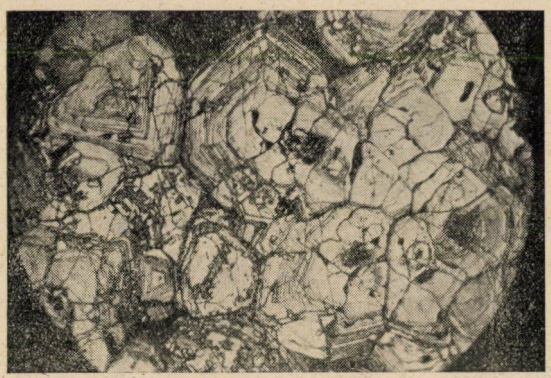
3. kép. Magyaregregyi szkarn vékonycsiszolati képe + nikolok közt. A zónás gránátkristályok anizotrópiája és cikkelyes kioltása a karbonátos kontaktuson történt kialakulást bizonyítja. Környezet: kalcit és magnetit. + N. Nagyítás 60 ×

4. kép. Részlet a magyaregregy mészszilikátos paragenézisből. Középen kalcitmező, melyben az aktinolit finom ecset- v. seprőszerű képletei ágyazódnak. Kétoldalt és lent: magnetit, epidot és gránátszemcsék halmaza. Nagyítás 40 ×

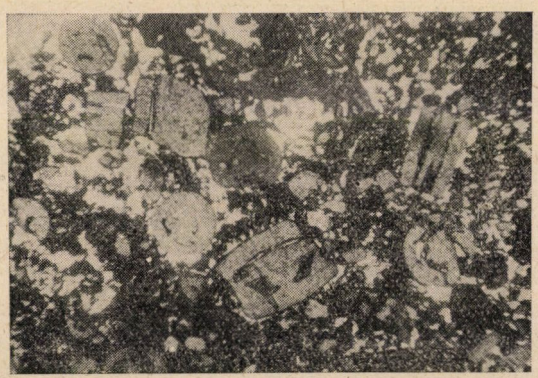


5. kép. Jellegzetes kép a magyaregregyi szilikátos ércanyagból. A kép legnagyobb részében: kalcit; jobbról magnetit + gránáthalmazon lécalakú albitkristály ül. Nagyítás 60 ×

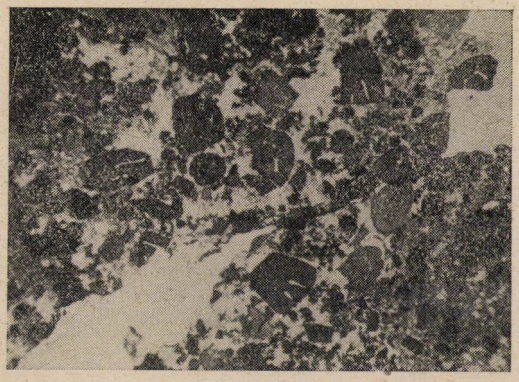
6. kép. A magyaregregyi mágnesvas ércmikroszkópos képe. A szemcsés ércszövet auto morf tagjainak belsejében a martitosodás általános jelenség. Olajimmerzió. Nagyítás 200 x



7. kép. A magyaregregyi magnetit étetéssel jellegzetesen zónás felépítést árul el. Jól látható, hogy az egyes kristályok belső magja még egyszerűbb formával indult (oktaéder), majd növekedés közben a többlapú rombdodekaeder alakult ki. Olajimmerzió. Nagyítás 200 ×

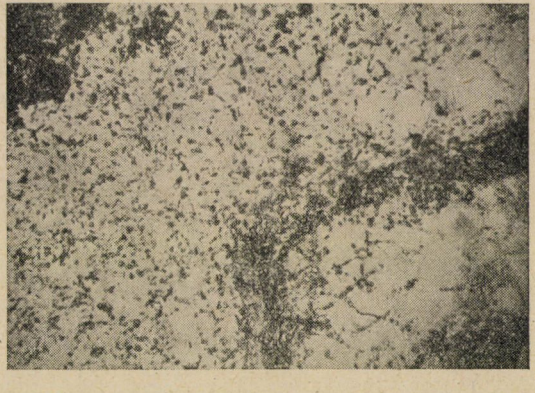


8. kép. Szerves eredetű testecskék halmaza a zengővárkonyi barnavasércben. A szemecskés alkatú testek keresztmetszete kör, hosszanti metszet hordó v. tonnaalak. A belsőben sajátos alakú üregek, ill. csatornák futnak végig. Nagyítás 60 ×



9. kép. Zengővárkonyi homokos-agyagosabb ércanyag képe. A vastartalmat az előbbi képen is bemutatott organikus testecskék és ezek töredékei jelentik. Nagyítás 40 ×

10. kép. A zengővárkonyi barnavas agyagosabb részleteiben bőséges mikrofauna jelentkezik. A faunaelemek legfontosabb tagja a Calpionella alpina. LORENZ. (képen jobbról, patkóalakú forma). MAJZON L. felv. Nagyítás kb. 60 ×



11. kép. A pusztakisfalúi kvarcos hematit mikroszkópi képe. Az átlátszó kvarcban finoman elhintve a hematit parányi, hatszöges, kissé áttetsző táblácskái láthatók, melyek helyenként övesen felsorakozva vagy csomós összeállításban, tömöttebb képleteket alkotnak. Nagyítás 80 ×

12. kép. Az előbbi kép keresztezett nikolok között. A víztiszta kvarckristályok különböző orientációjából eredő anizotróp mezők határai nem igazodnak a hematit felhalmozódásához. Nagyítás 80 ×

A BAKONYI MANGÁNKÉPZŐDÉS

VADÁSZ ELEMÉR rendes tag

Történeti előzmények

»*A Déli-Bakony jurarétegei*« címen 1909-ben megjelent munkában »mangántartalmú radioláriás tűzkő« megjelöléssel, a középső- és felső-liász határán jelöltem ki egy megkülönböztethető képződést, amely akkor Úrkúton, a Csárdahegy tetején, durva miocén abráziós törmelékként mutatkozott, kisebb mangándarabok kíséretében.

Az előző háború alatt, 1917 augusztusában Úrkút község közepén, *Meinhardt Vilmos* újból feltárta az ottani, a mult század hatvanas éveinek kutatásából *Hantken M.* munkája nyomán ismert, eocénbeli barnakőszéntelepet, amelynek eredménytelen kutatása közben megnyitotta az annak fekvőjében levő mangánösszletet. Ennek a kezdeti megnyitásnak földtani viszonyait *Papp Károly* 1918. évi vázlata alapján, *Pobozsny J.* 1928-ban szelvényben közölte. Ez a szelvény, mely a Vérteshegység bauxit-telepével semmiféle kapcsolatba nem hozható, nemcsak az 1918-beli állapotot tünteti fel, hanem a később megnyitott Csárdahegy külfejtésében észlelt viszonyokat is. A mangánércet az alsókrétabeli mészkő karsztos mélyedésébe, valamint a liász-mészkő hasonló dolinaalakulatába települt »paleocén« mocsár-képződésnek minősítette. A mangánösszlet fedőjében itt közvetlenül az alsó-eocén mutatkozik, tarka agyag, miliolinás márga, barnakőszén, a *Hantken* ismertette Cerithium parisiense és Perna urkutica kíséretében, majd középső-eocén nummulinás mészkővel. A legutóbbi időkig ez a »paleocén« kormegállapítás szerepel a bakonyi mangánösszletre vonatkozó irodalomban és innen eredt a dunántúli bauxitterületek paleocénbe sorolása is.

A mangánösszlet-településének ilyen beállításával szemben, 1922 májusában alkalmam volt az akkor még üzemben volt lejtősaknaművelés földtani viszonyait tanulmányozni. Errevonatkozó, nyomtatásban nem közölt egykori szakleírásom szerint »a mangán közvetlen fekvője itt a középső-liász táblás, krinoideás mészkő, mely mélyedésekkel és dolinákkal tagolt, egyenetlen felszínnel. A mészkő, felső részében beszivárgott mangánnal van átitatva, ami helyenként a repedésekbe is beszivárgott. Közvetlen a mészkő fölött 0,05—0,50 m változó vastagságú, tömör mangánérc észlelhető, ami fölött különböző

vastagságú, szürke, fekete, zöld és vörös agyagrétegek után, egy második különböző nagyságú mangánérc-darabokat tartalmazó agyagréteg észlelhető. Ez az agyagos mangánréteg 0,2—2,00 m változó vastagságú s fölötte ismét jellegzetes zöldesszürke, szívós, zsíros agyag, majd a pleisztocén lösz következik.« Az első aknatelepítés helyén, ezek szerint, a völgyoldalban, valamennyi fedőréteg lepusztulásával, a mangánösszlet a lösz alatt felszínre került.

A Csárdahegy akkor még fel nem tárt, csak 23 különböző mélységű árkolással, kutatógödörrel és kutatóaknában vizsgált területén a fekvő nem középső-, hanem alsó-liász brachiopodás mészkő. A fedőben eocén-összlet és lösz, a nyugati részen felszínre bukkanó kisebb-nagyobb mangándarabokat és rögöket tartalmazó lösz-jellegű anyag mutatkozott. A csárdahegyi rész már a középső-miocén lepusztulás kétségtelen jeleit is mutatta.

Az 1922. évben történt földtani megállapításokkal kapcsolatos anyagvizsgálataim során kitűnt, hogy az úrkúti mangánösszlet, különösen pedig az abban található zöld agyag, Globigerina—Orbulina-tartalmú, tehát tengeri képződés. Ezen túlmenőleg, a mangánkeletkezés földtani korára nézve az akkori észlelések szerint csak az eocén-előttiség és a liász-rétegekhez való kapcsolódás volt megállapítható. Az akkori viszonyokat feltüntető vázlatos földtani szelvényt és a mangánösszlet kifejlődésének munkahelyi szelvényeit az 2., 3. rajzok szemléltetik. A lemélyített 1—4. sz. fúrások alapján, a bányaüzemben 1928-ban készült szelvény ellenőrzése során 1929-ben, részletesebb anyagvizsgálat nélkül megállapítottuk, hogy a mangánösszlet fedőjében, a kétségtelenül eocénbeli, leveles kőszenes agyag alatti márga, krétabeli lehet. Ez a feltevésünk 1930 decemberében a 25. sz. fúrás anyagának ellenőrző vizsgálatával beigazolódott. Ebben a régi lejtősaknától északra telepített fúrásban miliolinás márgás mészkő és kőszenes agyag alatt halványrózsaszínű tömött krétamészkő, majd szürke, kissé homokos-márgás mészkő növényi nyomokkal, apró Nerinea-félékkel, Bryozoumokkal, apt-emeletbe tartozónak bizonyult. Közvetlenül ez alatt a vörös és szürke mangános agyagösszlet található.

Az úrkútihoz hasonló külszíni mangántörmeléket ismertünk Eplényben is, az ottani Kisháti-oldal erdőszélén, ahol miocén abrázióval lepusztított eocénfoszlányok is voltak. Ezeken a mangánnyomokon 1928. őszén *Velty István*, kutatóaknákat mélyített, amelyek közül 17 a mangánösszlet jelenlétét, az úrkútihoz hasonló színes agyagrétegekkel, megállapította. E kutatóaknákban észlelteket, 1929-ben végzett helyszíni vizsgálattal készült rétegszelvények szemléltetik (3. ábra). Ezek szerint a mangán közvetlen fekvője hét kutatóaknában alsó-liász vörös krinoideás-brachiopodás mészkő, illetve az északibb területrészen középső-liász táblás mészkő volt. A fedőben közvetlenül humusz, lösz, a kutatási terület délkeleti részén eocén-nyomok és mediterrán homok volt. Megemlíthetjük, hogy a kutatások alapján 1929 május 5., illetve június 1-én kelt jelentésben, az eplényi mangánterület remélhető ércmennyiségét 450 000 tonnára becsültem és az úrkúti analógia alapján, az azonos földtani felépítésű

szentgáli Tűzköveshegy, zirci és a lókúti Káváshegy kutatásának szükségességére is reámutattam.

E megfigyelési előzmények után, *Földvári Aladár* 1933-ban megjelent alapos tanulmányban foglalkozott az úrkúti mangán keletkezési viszonyaival, ugyancsak paleocén-mocsárérc megítélés szerint. A krétabeli helyzet felismerése, irodalmilag *Vigh Gy.* és *Noszky J.* úrkúti mangánkutatással kapcsolatos térképezési munkálataira vonatkozó jelentésben található. Megállapításaik a mai aknaművelésben feltárt mangánösszletre vonatkoznak, ami szerintük 10—20 m vastagságban, diszkordáns módon települ a »kovás márgákkal záródó liász rétegsorozatra«. A bányabeli feltárás és a fúrási adatok alapján a mangánösszletet, a csárdahegyi külfejtésbelivel ellentétben, *autochton*-képződésnek, mocsári keletkezésűnek és a bauxitéhoz hasonlóan, az alsó-krétának barrémmel záródó, alsó részébe tartozónak veszik. A mangánösszlet kifejlődése »mocsári keletkezésének természetes következménye«-ként, igen változatos, igen szívós, különböző színű agyagból és rendkívül változó mangánércből« tevődik össze. A bányabeli, átlagosan 8 m vastag telepösszlet *vázlatos átlagszelvénye Vigh—Noszky* szerint alsó- és felső-telepre osztható, a következő tagolódással:

Felső
- 1 m »mangánpizolitos« pad
- 4 m fehér, zsíros, képlékeny vagy száraz, érdes tapintású agyag, 0,5—1,0 m vastag kiékelődő rétegekben vagy 0,5—1,0 cm vastag, 1—3 cm hosszú lencsealakban

Alsó
- 0,2—0,5 m vastag mangándara, heterotopikus vörös-sárgacsíkos szívós agyag és szürkésbarna agyagközbetelepülésekkel,
- Gömbhéjas-vesés mangángumós réteg, lemezes agyagos mangán.
- Barnacsíkos, mangános agyagmárga,
- Világosszürke, szennyesfehér alsó-liász tűzkőbreccsia és tűzkőtörmelék.

Ez az összlet *Vigh—Noszky* leírása szerint »fehér kilúgzott« tűzkő- és mészkő-rétegfejeknek egyenetlenül *lenyesett** felszínére, éles határral és erős diszkordanciával települ.«

A fedőben a bányában és a fúrásokban szürke, foraminiferás *(Miliolina, Textularia)* osztreás, csigás *(Omphalia kefersteini)* a külszínen nem mutatkozó mészmárga, majd erre rekvieniás mészkő következik, 70 m legnagyobb vastagsággal, a külszíni elterjedésben kelet felé kiékelődő módon. Az aknakörzetben már a krétamészkő hiányzik, a Csárdahegyen pedig a liász-mészkő repedéseiben csak lepusztított törmelék alakjában mutatkozik.

A bakonyi mangánterületek földtani megismerésének történetí és irodalmi vázolása világosan szemlélteti a földtani megfigyeléseknek a feltárási viszonyoktól függő voltát. Az errevonatkozó irodalmi adatok példázzák azonban a megfigyeléseknek, különösen pedig az anyagfeldolgozásnak hiányosságát, régi iskolás megállapításokhoz való ragaszkodást és a meglátásokból folyó új következtetésektől való tartózkodást. Legjobban megmutatkozik ez *Földvári Aladár* a

* Kiemelés, tőlem

bakonyi mangánkeletkezésre vonatkozó, említett alapvető tanulmányának szokványos baktériumos-mocsári származtatásában, még fokozottabb mértékben pedig »az eplényi áttolódás« elsietett megállapításában. Ez az elgondolás a mangánképződés alsó-kréta vagy »paleocén« korának feltételezésével, az eplényi feltárásban látható felső-liász fedőréteget rendellenes településűeknek minősítette.* Eltekintve a mangánösszlet mind Úrkúton, mind az eplényi kutatásokban már megismert középső-liászbeli fekvőrétegeinek számításba-vételétől, az eplényi feltételezett településbeli rendellenesség, igen nagyméretű tektonikai mozgást, északról-délre történt reátolódást jelentene. Ennek a feltételezett mozgásnak azonban, az eplényi feltárás csapásmenti kiterjedésében található azonos rétegtani sorozatban semmi nyoma sincs. Nem valószínű pedig, hogy ilyen reátolódásos mozgás néhány százméteres szakaszra lokalizálódjék. Elkerülte a figyelmet az a tény, hogy a felhagyott eplényi külfejtésben, de a bányában is, a mangánösszlet agyagrétegei és felső-liász—alsó-dogger fedőrétegek között teljes konkordancia van. Hasonlóképpen konkordáns település észlelhető a mangánösszletet tartalmazó egész liász-rétegösszlet minden egyes megkülönböztethető tagja között.

Népgazdaságunk érdekében, az újraindult mangánkutatás szükségessé tette az itt felmerült kérdések tudományos elmélyítését, az eddig rendelkezésre álló adatok újravizsgálatával és összeegyeztetésével.

Vizsgálati anyag

A bakonyi mangánösszlet rétegtani helyzetének részletesebb vizsgálatával, a bakonyi jura-képződmények alapos kutatója és ismerője, *Noszky Jenő* foglalkozik. Általánosságban megállapítható, hogy az eddig két helyen, Úrkúton és Eplényben megismert és feltárt mangánösszlet, korban, kifejlődésben, képződési módban és településben teljesen egyező, azonos *tengeri üledék*. A bakonyi mangánképződés vizsgálata tehát kizárólag tengeri üledékképződési feladat. Az alábbiakban csakis a mangánösszlettel foglalkozunk üledékképződés tekintetében, a vele kapcsolatos képződésekhezi viszonyában, a jurabeli ősföldrajzi vonatkozások figyelembevételével.

A bakonyi mangánösszlet egészben véve, tarka agyagsorozat, mely vörös barna, sárga, zöld, világos- és sötétszürke, sőt fekete agyagrétegeivel, első tekintetre jellegzetes szárazföldi üledéknek tűnik: A benne levő mangánérc keletkezésére a szokásos baktériumos mocsárérc-magyarázat, ebből a hasonlatosságból adódik. A mangán kiválása, illetve leülepedése azonban itt az egész összlettel együtt tengerben történt, amit a vele kapcsolatos zöld és szürke

* *Lóczy* L. a Magyarhoni Földtani Társulat. 1940 június 5-én tartott szakülésén *Földváry* A. előadásához hozzászólásában az eplényi mangánérces agyagcsoportot a liász-rétegsorhoz tartozónak mondta. (Földtani Közlöny LXX. 1940. 203. old.) A korrektura megjelent Állami Földtani Intézet 1945—47. évekre vonatkozó Jelentésben *Kovács* Lajos az eplényi mangánösszletet a felső-liászba helyezte. A Káváshegy jurakoru üledékeinek sztratigráfiai és mikrotektonikai viszonyai. 204. old.

agyag plankton-foraminiferái *(Orbulina-Globigerina)*, spongiatűk, tüsketöredékek, apró kagyló- és csigakőbelek, sima és díszített ostracodák, valamint apró halfogak és halcsontszilánkok és a mangánból legutóbb *Siposs Zoltán* kartársunktól talált ganoid halmaradvány bizonyítanak.

A mangános agyagösszlet fekvőrétegei már a legrégibb feltárások és kutatások felismerése szerint, a halványvörös alsó-liászbeli brachiopodás mészkő és a középső-liász rózsaszínű vagy húsvörös gumós-táblás ammonitás mészkő. A közvetlen fedőrétegek megismerése csak a legújabb feltárásokból vált lehetővé. Megelőzőleg, mint a történeti előzményekből kitűnik, a mangánterületek különböző idejű lepusztítása nyomán, az egyes részeken más-más fedőrétegek mutatkoztak : lösz, eocén- és alsó-krétarétegek alakjában. Az eplényi, majd a legújabb úrkúti feltárások a mangánösszlet közvetlen fedőjeként, a felső-liász—alsó-doggergumós, ammonitás *(Hildoceras bifrons, Grammoceras, Lytoceras.)* mészkő-rétegeit tették felismerhetővé, az eplényi külfejtésben és a tároó ereszkeművelésében. Az úrkúti III. aknából keleti irányban, az I. akna felé haladó harántfolyósó pedig, a külszínen eddig még seholsem látható szelvényben, összetartozó, folyamatos, hézagtalan egymásrakövetkezésben szemlélteti a középső- és felső-liász teljes sorozatát. Rétegsorrendjét *Noszky J.* részletezi. Pontos bányaszelvénye szerint, mintegy 40—45 m vastag középső-liász és a mangánösszletet is beleszámítva, ugyanilyen vastagságú felső-liász rétegsorral van itt dolgunk, az alsó-dogger felé elhatárolatlanul. A mangánösszlet a középső- és a felső-liász határán, az utóbbi alján foglal helyet, mintegy 10 m vastag zöld, barna, szürke, leveles-sávos agyagmárga rétegekkel, fedőjében sötétszürke, vastagpados, orbulinás agyagmárgával (24 m). A harántfolyosóban feltárt középső-felső liász-rétegsor egyes tagjai, beleértve a közbetelepült mangánösszletet is, teljes konkordanciával észlelhetők, a folyosó 200 méteres szakaszát kitöltő É—D tengelyű lapos boltozat alakjában, melynek keleti szélén levő zavargásban, a középső-liász táblás mészkő erős ráncolódást mutat. A boltozatjellegű település nyugati végén pedig a felső-liász—alsó-dogger táblás-tűzköves mészkő, ugyancsak erős izoklinális redőzöttséggel észlelhető. Az egész rétegösszlet genetikai egysége vitathatatlan ; teljesen összetartozó, liászbeli, tengeri üledékképződés.

A mangánösszlet kifejlődése

Mangánösszlet néven foglaljuk össze azokat a feltárások különböző részein, keletkezésből, utólagos szerkezeti változásból vagy lepusztulásból eredően, különböző vastagságú tarka agyagrétegeket, amelyekben a mangán tömör, szabálytalan rétegben vagy lencsékben és gumókban, ugyancsak változó vastagságban és elrendeződésben található. Az így értelmezett mangánösszlet Eplényben 1,5—6,0 m között változik, átlag 1 m mangánvastagsággal. Úrkúton a mangánösszlet 10—15 m, mangános része átlag 1,0—2,5 m.

A mangánösszlet változó kifejlődését a bányafeltárások különböző időben és helyen észlelt szelvényei részleteiben különböző módon szemléltetik. A régi lejtősaknában észlelt rétegsorrend a 2. ábra szerint a középső-liász táblás mészkő egyenetlen réteghatárán tömör mangánérc volt 0,05—0,50 m változó vastagságban. A fekümészkőnek a mangánnal határos része a repedésekben és metaszomatikus módon beszivárgott mangánnal átitatott. A mangánérc fölött fekete mangános és szürke, zöldes és vörösesbarna agyag, majd egy második, 0,2—2,0 m vastag, különböző nagyságú mangángumókat tartalmazó agyag és zárórétegül zöld és zöldesszürke, szívós, egészen finomszemű, foraminiferás agyag volt. A lejtősakna a zöld agyagra közvetlenül települő löszben indult. A fekümészkő itt délkeleti és keleti dűlésben, a mangánösszlet erős gyűredezettségével mutatkozott.

Az úrkúti Csárdahegyen mintegy 30 000 m² alapterületen, az alsó-liász brachiopodás mészkő 10—25 m mély dolinamélyedéseiben települt mangánösszletet 1920—1930. évek között egészen kitermelték. A Csárdahegy nyugati szélén a mangánösszlet csaknem a felszínen, löszanyagú agyagos kőzetben feldolgozott kisebb-nagyobb mangándarabok és rögök alakjában mutatkozott. A keleti, magasabb részen, 0,2—1,5 m lösz, kelet felé fokozatosan vastagodó 0,5—13,0 m vastag eocén födte a mangánösszletet, mely a tarka agyag eredeti változatos rétegzettségével, a lejtősakna kifejlődésével egyezett. A liász fekümészkövön tömör mangán-ércréteg is volt, a mészkőösszlet északkeleti dűlésével. A Csárdahegy tetején már a legmélyebb liász-tag, a dachsteini-jellegű mészkő bukkan ki, amelyen mangán nem volt.

A Csárdahegy nagy karsztos mélyedései, jobbára É—D irányú függőleges törési síkok hasadékai mentén alakultak ki. A bennük levő mangánösszlet kétségtelenül az igen erős lepusztítás maradványa, semmiesetre sem másodlagos keletkezésű, még kevésbbé »paleocén«. A mangánösszlet fedőjét tevő itteni »tarka-agyag«, a vele kapcsolatos barnakőszénteleppel és elegyesvízű molluszkás rétegekkel, valóban az alsó-eocénbe tartoznak, de a mangánképződéssel semmi vonatkozásban sincsenek. Az itteni 13. sz. kutatóaknában a kőszéntelep 0,90 m összvastagsággal, 0,2 és 0,4 m agyagbeágyazással, három részre volt osztva. A csárdahegyi részen az eocén-tenger pusztítását a liász-mészkövön és annak repedéseiben észlelhető abráziós breccsia is igazolja, anyagában a liász agyagfajtákkal. A lepusztítást bizonyítják még a csárdahegyi külfejtésben visszamaradt, a mangánösszlet felső-liász fedőjébe tartozó, kalcedonos erekkel átjárt barna tűzkőrögök és tömbök. Ezek szerint a csárdahegyi terület az úrkúti többi feltárás liász-sorozatába tartozó eredeti település, lepusztulással elkülönült maradványa, bizonyos mértékű abráziós megdolgozással. A lepusztítás a felsőkréta kiemelkedés következménye.

Az úrkúti bányászat fejlődésével létesített új aknák, fúrások és bányaművelések a fedőrétegek helyesebb felismerésén kívül a mangánösszlet kifejlődésére vonatkozó ismereteinket is bővítették. Az István-akna művelésében s a

fúrásokban is, a mangánösszlet alján különböző vastagságú agyagos laza tűzkőtörmelék mutatkozik a legmélyebb, dachsteini-jellegű mészkőre következő Rh. urkutica-tartalmú világosszürke, szennyesfehér tűzköves rétegek anyagából. Ugyanennek elbontott finom poranyaga is található szabálytalan vastagságban a mangánösszlet alját tevő fekete mangános agyagban, kiékelődő rétegekben vagy lencsékben is. A bányamező rétegösszletének általános képét a 60. sz. fúrás alábbi összefoglalt rétegsora mutatja:

0,00— 7,00	*m*	Humusz és lösz
7,00— 68,00	q	Eocén mészkő (Assilina spira, N. complanata, Orbitolites)
68,00— 76,00	»	Szürke nummulinás, molluszkás mészmárga
76,00—124,75	»	Rekvieniás, lithiotises mészkő
124,75—138,00	»	Szürke glaukoniás mészmárga
138,00—140,40	»	Szürkésvörös sávos fekete mangános agyag
140,40—143,26	»	Mangános vörösagyag, sárgás rózsaszín mangános liász-mészkődarabokkal
143,26—148,90	»	Mangánréteg
148,90—151,85	»	Tűzkőtörmelékes vörös és szürkéssárga képlékeny agyag szivacstűkkel
151,85—153,50	»	Tűzkőtörmelékes alsó-liász mészkő

A mangánösszlet kifejlődése az István-akna XI. ereszkéjének közléjében *Vadász Zoltán* bányamérnök 1949. májusában készített szelvénye szerint, a következő rétegek voltak a fekvőtől fedő felé:

1. Fehér alsó-liász tűzkő
2. Szürke agyagos tűzkőtörmelék, kilúgozott, porlódó tűzkődarabokkal
3. Barnásszürke tűzkőpor-rétegzéses mangánsávos agyag
4. Tűzkőtörmelékes fekete mangános agyag
5. Sárgásvörös-sávos fekete mangános agyag. Iszapolási maradékában változatos, átkristályosodott, átkovásodott héjú szerves maradványokkal: Lagena, Glandulina, Dentalina, Ammodiscus, Globigerina és Orbulina-féle Foraminiferák, 1—4 tengelyű kovaszivacstűk, 1 mm átmérőjű, széles kanyarulatú, mélyköldökű Ammonita-embrió (Liparoceras?) és ugyancsak átkovásodott, átkristályosodott Ostracoda-héjak. Ezeken kívül, ebből a rétegösszletből valók az Araucarioxylon hungaricum nagy kovásodott fatörzsei és szenesedett fatörzsdarabok is.
6. Fekete leveles-réteges mangános agyag
7. Világossárga és limonitbarna, finomszemű agyag

Ezek szerint az úrkúti jelenlegi bányaművelésben a mangánösszlet általános kifejlődését a feltárt fekü-fedőrétegekkel együtt, a XII. ereszkében észleltek alapján a következőkben foglalhatjuk össze:

Apt-em.
- Rekvieniás mészkő
- Szürke agyagmárga és mészmárga
- Homokos molluszkás agyag szenesedett növényi részekkel
- Tarkafoltos, mangánpettyes vörösbarna agyag

Sötétszürke mangános palás agyag

Világosszürke, sárgásbarna, finom sávos, leveles-palás, ráncolódott agyag, alsó részében, fehér, táblás, lumasellás (pozidonomiás?) mészkőréteggel és leveles zöld agyaggal

Vörös agyagos tűzkőtörmelék

Rózsaszínű ammonitás középső-liász-mészkő

Vörös agyag 0,1—0,5 m

Szürkésfehér tűzköves mészkő Rh. urkutica-val (alsó-liász).

Az István-akna XII. ereszkéjéből vett sötétszürke mangános agyag iszapolási maradékában gyakori piritkristályokon kívül, ugyancsak átkovásodott, átkristályosodott héjú *Orbulinák* és kovaszivacstűk kerültek ki.

Mint fentebb említettük, a mangánösszlet felsőbb részében mutatkozó jellegzetes zöld agyagban már 1922-ben, a lejtősaknabeli feltárásból sok *Orbulina* és *Ostracodák* jelenlétét állapítottuk meg, amiből a mangánösszlet tengeri jellege akkor már nyilvánvalóvá vált. A Foraminiferák közül az *Orbulina universa Orb.* és az *Orbulina porosa Terqu.* gyakorisága mellett, Globigerina, különböző Dentalina, Miliolina, Uvigerina, Nonion, Bolivina-félék szerepelnek, kovaszivacstűk és tüsketöredékek kíséretében. Az egészen finomszemű, pelites anyagban ásványos alkatrészek egészen alárendelt mennyiségűek, úgyhogy a Foraminiferák túlsúlya gyér voltuk mellett is, különösen szembeötlő. Az újabb feltárásokban az úrkúti István-akna XII. ereszkéjében, a mangánösszlet alsó részében levő kékeszöld palás agyag iszapolási maradékában, apró kagylóembrió és csigaembriók kőbelei és apró halfogak kerültek ki. A mangánösszlet magasabb részében levő zöld agyagban mikroszkópos halcsonttöredékeken és halfogakon kívül *Orbulina universa, Orbulina porosa*, valamint mikroszkópos piritkristályok voltak. A fekete mangános agyagban legutóbb *Siposs Z.* egy ganoid-haltöredéket talált.

Az eplényi mangánösszlet teljesen hasonló kifejlődésű, kisebb vastagsággal és kevésbbé változatos rétegekkel. A külfejtésben és a bányában is az úrkúti Csárdahegyen levő vörös alsó-liász brachiopodás-krinoideás mészkő É 20—25° alatt hajló rétegösszletének egyenetlen, karsztos felszínére települ. A mangánösszlet rétegsora: alul limonitsárga agyag, 1,5—2,0 m fekete, mangános palás agyag, 0,3 m sárga sávos palás agyag, 0,15—0,20 m barna kalcedontűzkőgumós agyag. Föiötte a külszínen és a bányában is É-25—30° dűlésben, vörös gumós, ammonitás felső-liász—alsó-dogger mészkőrétegek települnek, Hildoceras bifrons, Grammoceras jellemző alakokkal.

Az 1929. évben a kezdeti kutatóaknákban végzett megfigyeléseim szerint, a fekürétegekben az úrkútival egyező középső-liász ammonitás vörös mészkő is volt. A 6. kutatóaknában pedig a tűzköves felső-liász kovás márgarétegek is észlelhetők voltak. A mangánösszlet, illetve a hozzátartozó liász-rétegek, a terület különböző részén, itt is különböző mértékű lepusztulást szenvedtek, ami részben az eocénben, részben a miocénben ment végbe.

Az eplényi mangánösszlet szürke agyagpala-rétegeiben szenesedett növényi részek, kovásodott és szenesedett fatörzsrészletek vannak. Az utóbbiak az úrkúti Araucarioxylon hungaricum-al azonosak. A szürke agyagpala iszapolási maradékában díszített és sima Ostracodák, a zöld agyagból pedig az úrkútival egyező apró halfogak kerültek ki.

Az eplényi feltárásokból megállapítható, hogy az alsó-liász-feküménszkő és a felső-liász-ammonitás fedőrétegek között települési diszkordancia nincsen. Az irányban és szögben mutatkozó kisebb eltérés az utólagos együttes mozgásból, a közbeeső mangánösszlet mozgékonyabb voltából magyarázható. Megállapítható az is, hogy a mangánösszlet és a közvetlen fedőrétegek között sincsen diszkordancia s a lényeges kőzetanyag-különbség mellett is, folytonos üledékképződéssel számolhatunk.

Az eplényi terület kutatófúrásainak rétegtani eredményeiről *Noszky J.* számol be a jurarétegek itteni további alakulásával.

Kréta-fedőrétegek

A mangánösszlet fedőjében az úrkúti István-akna feltárásaiban és a mélyfúrásokban, ezidőszerint az alsó-kréta rétegösszlet települ. Ez nyílvánvaló krétaelőtti lepusztítást jelent, felső-jurabeli, újkimmériai kiemelkedéssel. A kréta-fedőrétegek a vörösbarna mangánfoltos, pettyes agyagba települt szürke, laza homokos-mangános-szenes agyagréteggel kezdődnek, ami helyenként kiékelődő lencsékben molluszkamaradványokat tartalmaz. Ezt a faunás réteget *Vigh* és *Noszky* fúrásban észlelték, igen sok Foraminiferát *(Miliolina, Textularia)*, csigát, osztreát említenek belőle. Ebből az István-akna XII. ereszkéjében, a 100. szinten feltárt molluszkás rétegből nagytermetű, agglutinált héjú Textularia-féléken kívül, *Orbitolina coniodea, Quinqueloculinák*, szenesedett növényrészek, egy- és négytengelyú kovaszivacstűk, *Ostracodák* és csigaembriókon kívül a következő molluszkák voltak közelítőleg felismerhetők : apró kagylótöredékek és kagylóembriókon kívül *Pecten* sp., *Spondylus* sp., *Venus* sp., *Astarte* sp., Csigák közül : *Emarginula* sp., *Nerineopsis* sp., *Tectus* sp., *Proscala* (cfr. albensis *Orb.* sp.,) *Metacerithium* (cfr. trimonile *Mich.*), *Bathraspira* (cf. ervynum *Orb.* sp.), *Uchauxia* sp., *Tympanotonus* (exechocirchus)? sp., *Littorina* sp., *Rostrocerithium* sp., *Cirsocerithium* (subspinatum *Orb.* sp.), *Gymnocerithium* sp., *Tylostoma*-töredékek és *Gadila* sp.

Bár a rossz megtartású molluszkatöredékek vagy apró példányok pontosabb meghatározása még hiányos, az alakok közelítő rétegtani helyzete leginkább apt-albai-emeletre utal. A fedőben levő további rétegek, globiconchás mészmárga és fölötte a rekvieniás mészkő, ennél magasabb krétabeli-emeletbe nem sorolható, úgyhogy az egész úrkúti krétafedő-rétegösszletet apt-albai-emeletbe tartozónak vehetjük. Partközeli és sekélytengeri képződése kétségleten. Ezek szerint a mangánösszlet legfelső részén, a kréta alatt észlelhető vörösbarna, foltos, mangánpettyes agyag a krétához tartozik, a mangánösszlet feldolgozottságából származó anyaggal. A III. akna mélyítésénél a krétamészkő alatt, az ottani felső-liász—alsó-dogger kovás táblás rétegek határán észlelt vörösagyag ennek a határagyagnak felelhet meg. Ez a vörösagyag-határ megfelelhet ezenfelül a bakonyi alsó-kréta bauxitszintnek, anélkül, hogy anyagában azzal azonos volna. Ez a szint azonban a mangánképződéssel nem azonos, vagyis a *mangán és a bauxit mindeddig feltételezett heteropikus fácies-volta is tévesnek bizonyult.*

A mangánösszlet üledékes kőzetanyaga

A mangánösszlet lényegileg mangánércből és különböző színű agyagból áll. A mangánérc ásványos alkatával és geokémiai jellegeivel *Koch S.* foglalkozik. Erre vonatkozóan itt csak néhány ércmikroszkópos megfigyelési adatot említek,

főként a mangánosodásnak a szomszédos, elsősorban a fekükőzethezi viszonyában. Ezeket a vizsgálatokat *Kiss János* egyetemi tanársegéd-kartársamnak köszönöm, aki ezenkívül néhány agyag ásványtani vizsgálatát is elvégezte. A mangánösszlet agyagfajtái közül a zöldagyag legrégebben felkeltette érdeklődésünket s az 1922-ből származó lejtősaknai mintát *Gedeon Tihamér* műegyetemi magántanár 1930-ban elemezte, az István-aknából gyűjtött zöldagyagot pedig 1950-ben *Grasselly Gyula* szegedi egyetemi adjunktus elemezte. Ugyanennek és a mangánösszleti vörösagyagnak termikus-differenciálódási vizsgálatát, valamint mangános agyag- és mangánminta-elemzéseket *Földvári Aladárné* tudományos készségének köszönöm. A tőlük származó alábbi adatok, amelyekért ezen a helyen külön is köszönettel adózom, nem jelenti a szükséges üledékképződési anyagvizsgálat teljességét, mégis sok tekintetben elősegíti ennek a kérdésnek tisztázását is. A mangánösszlet agyagrétegeinek szerves maradványait a kifejlődés föntebbi tárgyalásában említettük.

Mangánérc. Egy úrkúti jellegzetes mangángumó *Kiss J.* szerint »pszilomelán és amorf mangángél váltakozó körkörös kicsapódása útján keletkezett«. A ritmusos gyűrűk között éles határ nincs, ami a gélanyag gyors megszilárdulását jelentheti.

Koch S. beható ásványtani vizsgálatai szerint az úrkúti »tömött pados anyagot vashidroxidban gazdagabb erek szelik át, amelyek mentén igen vékony hasadékokban, egy millimétert alig elérő, ragyogó lapú, fennőtt manganitkristálykák vannak«. »Egyes koncentrikus-réteges gumók felületét vékonyabb-vastagabb limonitos-agyagos kéreg vonja be, amely élesen elválik a mangánérctől.«

Koch S. szerint Eplényben több kristályosodott érc van, mint Úrkúton és a legszebb kristályosodás a kovasavval átitatott példányokon észlelhető. A lassan kristályosodó kovasavgélbe nőttek be a gyorsabban kivált mangánkristályok. A fennőtt kristályokat kalcedonréteg burkolja. A később kristályosodott kalcedon a mangánkristályokat széttöri, néha kiszorítja.

Mind az úrkúti, mind az eplényi mangánérc-kiválás genetikusan azonos, kvarckiválással kapcsolatos, anyagára nézve *Koch S.* szerint túlnyomólag *piroluzit.* Járulékos ásványai: manganit, kriptomelán, pszilomelán, ezenkívül különböző kvarc.

Az eplényi mangánban *Kiss J.* szerint »földes amorf, wad-jellegű alapanyagban, helyenként makroszkóposan is, részben pszilomelán, részben piroluzitra utaló kristályos erek észlelhetők, mangángél — pszilomelán — piroluzit — polianit kiválási sorrenddel. A mangán-ásványok éles szöveti elkülönülése az amorf alapanyagban nem a mangángél egyszeri víztelenedése és kristályosodásával létesült, hanem a mangánkristályoknak a mangánoldatból történt többszöri kiválásával magyarázható. A polianit biztos jelenlétét a rostos-sugaras piroluzit mellett általában apró, oszlopos kristályok jelzik, az érc repedéseiben, üregeiben fennőtt, idiomorf-módon.«

A kifejlődésben említettük, hogy a mangán repedéseken keresztül is behatol a fekümészkőbe s a mészkövet is metaszomatikusan átitatja. Egy ilyen krinoideás mészkő mikroszkópi képben is mutatja a mangángél térfoglalását a mészkőben. A mangánoxid-gél amorf-alakban itatja át a mészkövet és csak a mészkőszegélyen találunk pszilamelán-kiválást is. »A pszilomelán és igen ritkán a sugaras-léces piroluzit is, az amorf mangánból elmosódott határral nyúlik ki, ami az utóbbinak fokozatos víztelenedésére és kikristályosodására utal«. Utólagos pszilomelán-erek is észlelhetők.

A tiszta mangánérc összetétele *Földvári Aladárné* elemzése szerint:

	Úrkút	Úrkút	Eplény	Eplény
Savban oldhatatlan	1,60%	—	12,50%	6,28%
Ebből SiO_2	0,93%	20,23%	11,30%	3,78%
Mn	43,56%	44,25%	29,59%	45,78%
MnO	56,25%	57,15%	38,21%	59,11%
Fe_2O_3	10,39%	0,15%	26,21%	6,21%

A további, finomabb összetételt illetőleg *Koch S.* beható tanulmányában adott részletes elemzésekre utalhatok.

Egy másik, középső-liászbeli feküműszkődarabon a mangán felé fokozatos átmenet látszik a mangános oldat csökkenő diffúziójával kapcsolatosan. A mangán apró üregeiben szingenetikus kvarchalmazok vannak, amelyek közé 0,1 mm nagyságú göthit-tűkristályok nyomulnak. A mangánoldat mészkőoldó hatását az ércben visszamaradt krinoideás mészkőrészletek határán látható egyenetlen, beolvasztásos öblöcskék mutatják, valóságos metaszomatózis módján. A mangánoldat diffúzióját a mészkő erősen porózus szövete elősegítette. Sok helyen a krinoideák szitaszerű mikroszkópi szövete is mangánnal átitatott. Ilyen esetben a krinoidaváz át nem itatott része, a rendes kalciton kívül kovaanyagból áll.

Egy eplényi mangángumó fehér kovás márgadarabot kérgezett be. A mangánkérgen belül a fehér finoman sávozott márgában, a sávozottsággal párhuzamosan, apró kvarcszemcsék helyezkednek el, egyidejű lerakódásként. A mangános oldat beszivárgása a sávozottság mentén haladt s fokozatosan kiszorítja az alapanyagot. Az amorf mangándioxid így az alapanyaggal együtt »folyásos« szövetet formál. Utólagosan, a mangán mellett, vashidroxidos oldatból az alapanyag további kioldásával, limonit is lerakódott.

Ezek a megfigyelések a mangánoxid helyi feldúsulását, telített oldatban való jelenlétét és folyamatos kiválását igazolják. A mangánnal kapcsolatos agyagüledékek pedig a bennük található tiszta tengeri szerves maradványokkal kétségtelenül rögzítik a lerakódás tengeri jellegét.

A mangánösszlet agyag-kőzetei

A mangánösszlet kifejlődésének ismertetéséből kitűnik, hogy a mangánt kísérő agyagrétegek igen változatos fehér, világosszürke, sárga, barna, vörösbarna

kékeszöld és ultramarinzöld, sötétszürke és fekete színűek. Valamennyi mikroszkóposan finomszemű, réteges, sávozott vagy finoman csíkozott, leveles szövetű. Ez a szöveti jelleg már magában véve, egészen csendes vízben történt leülepedésre utal. Az agyagrétegekben gyakori rétegzettségi zavarok, ráncolódások, kivétel nélkül utólagos tektonikus mozgások, semmiesetre sem üledékképződési jelenségek, hanem a keményebb mészkőösszletek közé ékelődött képlékenyebb anyagnak a mozgásban eltérő kompetensebb, diszharmóniás viselkedéséből erednek.

A legelőször már régebben is részletesen vizsgált, legszembeötlőbb zöld agyag egészen finomszemű, kolloidjellegű anyagának iszapolása egészen csekély maradékot ad, ame túlnyomólag az említett szerves maradványokból, főként Foraminiferákból áll. *Földvári Aladárné* termikus differenciációs vizsgálata szerint montmorrillonit- vagy beidellit-anyagú pelitit vagy argillo-lutit. Egyéb ásványos alkatrészek közül *Koch Sándor* mikroszkópos kvarcot, szericitet és kloritot ismert fel benne. Elemzési adatai a következők:

Zöldagyag, Úrkút

	Gedeon	Tihamér 1930	Grasselly Gyula 1950
SiO_2	28,44	24,24	65,34
FeO	11,78	—	—
F_2O_3	—	30,95	10,09
Al_2O_3	17,39	23,00	5,00
TiO_2	0,05	0,10	0,21
FeO	—	—	1,78
CaO	—	—	1,14
MgO	—	—	5,45
MnO	19,50	19,65	0,11
P_2O_5	0,46	0,50	0,4
Cr_2O_3	—	—	—
V_2O_5	—	—	—
K_2O	—	—	5,61
H_2O-	—	—	1,85
H_2O+	—	—	3,95
Izz. v.	19,20	19,20	—

Az összetétel teljes mértékben igazolja a zöldagyag tiszta agyagásványos jellegét. A csekély mésztartalom a mészvázú szerves maradványokból származik.

Földvári Aladárné termikus elemzése szerint az úrkúti mangánösszlet vörösagyagja hasonlóképpen beidellit- (montmorillonit) jellegűnek bizonyult.

Az István-akna XII. ereszkéjében a mangános, réteges feketeagyagba betelepült vékony szennyesfehér táblás réteg csiszolatában szürkés-sárgászöldes amorf alapanyagban, a rétegzéssel párhuzamosan elrendeződött, kalcitanyagú kagylóhéj-lumasella van. A vékony héjak szabadszemmel is láthatók, valószínűleg *Posidonomya*-héjak. Ezenkívül krinoidea-vázrészek szitaszövete és

teljesen átkristályosodott Orbulina-metszetek ismerhetők fel. A kőzet apró likacsait *kalcit* és *kalcedon* pamatszerű halmazai töltik ki.

Ez a táblás kovás márga sűrűbben megismétlődik, hasonló kifejlődésben, a mangánösszlet közvetlen fedőjét tevő szürke leveles-sávos majd réteges-pados orbulinás agyagmárga-összletben, mely a III. akna harántfolyosójában mintegy 25 m valódi vastagságban van feltárva. A szabad szemmel is *Orbulinával* teli tömött kőzet mikroszkóposan amorfalapanyagú. Az *Orbulinák* anyaga kalcit. Helyenként világos- és sötétbarna bitumenes részek is mutatkoznak. Kovásodás nem észlelhető. Iszapolási maradékában az *Orbulinákon* kívül víztiszta idiomorf kvarckristályok és kvarctörmelék, víztiszta és színes kalcit, pirit, gipsz és finom tűzkőtörmelék ismerhető fel. Ugyanez van a sósavval kioldott anyag maradékában is. A kőzet 30—40% mészanyaga túlnyomólag az Orbulinák tömegéből adódik.

Az üledékképződési viszonyok jellemzésének kiegészítésére megemlítem még, hogy az úrkúti aknaművelés szállítófolyosójában, az alsó- és középső-liász határán észlelhető vörösagyag iszapolási maradékában szivacstűk és apró halfogak vannak, az ásványos alkatrészek közül pedig biotit, muszkovit, víztiszta kvarc és klorit volt felismerhető.

A mangánképződés

Az úrkúti és az eplényi mangánösszlet kifejlődésében, településben és rétegtani helyzetben teljesen azonos képződés. Rétegtani helyzetük a liász-üledéksorozaton belül, a középső-liász fölött, a felső-liász alján rögzíthető, a fedő felé konkordánsan települő, folyamatos keletkezéssel, változatlan közeggel és mélységgel. A mangánképződésnek ez a módja kétségtelenül különleges viszonyokat rögzít a liászbeli üledékképződésben, de távolról sem szokatlan vagy idegen a jura-képződésekben. A Magyar Középhegység alpi-jellegű jura-rétegeiben több szintben is találkozunk mangánkiválással, bekérgezés és kisebb mangángumók alakjában. Leginkább figyelemreméltó a szentgáli Tűzkövés-hegyről ismertetett középső-liász brachiopodás-ammonitás vörös mészkő, amely ritmusos kicsapódású, körkörös kérgű mangángumókat és mangánkéreggel körülvett Ammonitákat és Brachiopodákat tartalmaz. Ugyanez a szint hasonló módon, gyérebb mangánosodással, megtalálható az Északi Bakonyban és a Gerecsében is. Mangános nyomok vannak *Noszky J.* szerint a középső-doggerban és a malmban is. Figyelmet érdemel még a mangánnak a jura-tűzkővel való kapcsolata is. A Déli Bakony jurarétegeinek leírásában »mangántartalmú radioláriás tűzkő« megjelöléssel, a középső- és felső-liász határán, külön szintet jelöltünk ki, a középső-liász legfelső részén. Ez megfelelhet a mangánösszlet közvetlen rétegtani fekvőjének.

Az alpi-kifejlődésű jurarétegek másutt is tartalmaznak mangánrétegeket, gyakorlatilag értékesíthető alakban is. Ilyeneket írt le *Katzer* Boszniából

(Cevljanovič) gyűrt radiolariás tűzkőrétegek között barittal, szingenetikus pszilomelán-rétegekkel. Itt a mangán agyagos palarétegekben, fészkekben és lencsékben található, a triász mészkő és a tűzkő hasadékait is kitöltő módon, nagy kovasavtartalommal (17—27%). Svájcból *Arbenz, Grünau* és *Geiger* Graubündenből vörös, ritkábban zöld tűzkőrétegekkel kapcsolatos mangántelepeket írtak le. A mangán itt elszórtan, telep-, lencse- vagy vékony zsinórokban, átalakult pala- és tűzkőrétegek között, konkordáns betelepülésben észlelhető. Aptychusos mészkő-összlettel kapcsolatos, valószínűleg malm-korú, viszonylag sekélytengeri üledék. A mangánérc a radiolaritt al szingenetikusan, üledékes módon keletkezett. Radiolarit, radiolaria-nélküli vörös, helyenként világoszöld agyagpala, a tektonikailag erősen igénybevett részeken igen nagy kloritképződéssel, éles elhatárolódással, a mangánérccel váltakoznak. A mangán legfeljebb 1—2 dm, legtöbbször csak néhány cm vastag. Ásványai átalakult mangánásványok: tinzenit, sursassit, parsettensit (víztartalmú Mn-szilikát), rhodonit, manganokalcit. Az ásványegyüttesben a tinzenit fiatalabb a sursassitnál (*Jakob*, 1933.). Az érctelepek keletkezését *Geiger* magmás eredésűnek tartja, a Pennini-takaró ofiolitmagmájával kapcsolatos, tengeralatti-exhalációs üledékes termékként.

Legújabban *Papiu*, a romániai Drócsa-vonulat tengeralatti diabázkitöréseivel kapcsolatos kovasavas, piroklasztikus, radiolariás palaképződést írt le. Leírása szerint a radiolariás palák, részben hidrotermális kovasavból, részben bázisos szilikátok finom erupciós törmelékének tengeralatti mállásából származnak. Ez adta egyszersmind a Radiolaria-vázak kovasavanyagát is. A kolloidos kovasav a tengervíz sóinak elektrolízise útján válik ki. A diabáz felső részének jáspis-anyagában gyakran szingenetikus mangánüledék is van, amelynek anyaga szintén vulkáni por tengeralatti bomlásából származik, mangánbaktériumok közreműködésével. Bizonyos mangánmennyiség kiválása a tengervízben levő összes MnO_2-tartalom gyors kiválasztására vezet s a mangángél kicsapódását a tengervíz sótartalmának elektrolitikus hatása is elősegíti.

Szlovákiában a Vág völgyében, Mikusovce határában, a szubpienini szirtes sorozat jurarétegeiben piroluzit, pszilomelan és wad jelenlétét, egyesek pikrit- és teschenit-kitörések oldatainak metaszomatózisából származtatják. A mangán az alsó-malmba sorolt »czorsztyni« mészkőben mutatkozik, de a fölötte levő bath-emeletbeli krinoideás mészkő hasadékai mentén is észlelhető. Az előbbi szingenetikus mangánkiválás, az utóbbi utólagos átitatódás. *Andrussov* szerint, a mangán a mészkőből oldódott ki és helyenként feldúsulva újra kicsapódott. Erre mutat nagy foszfortartalma. Viszont sárga tűzkőtartalma az alpi és boszniaival azonos keletkezésre mutathat. Mangános üledékbetelepülések vannak a Kiskárpátok felső-liász fekete palaösszletében is (Stupava, Lozorno).

Végül *Cechovic* nyomán megemlítjük, hogy San Picto szigeten (Szardinia) trachittufa-, agyag- és jáspis-rétegek fiatal harmadidőszaki összletének 2,5—3 m

vastag agyagrétegében, 20—30 cm pszilomelán- és wad-réteg észlelhető, jáspissal együtt.

Westerveld a mangánérc-területek három csoportjában, a mezozoós geoszinklinális kőzeteiben konkordánsan települő mangánlencséket különböztet meg, amelyek radiolarittal kapcsolatban rodokrozit alakban vagy oxidként válnak ki. Ezek, ugyanúgy mint Svájcban, bázisos lávával és ultrabázisos intrúziókkal vannak összefüggésben, amelyekből származó mangános oldat a mezozoós mészkövet metaszomatikus módon átitatja. Kisázsiában, a Taurus-vonulatban és Kaliforniában ismerünk ilyeneket.

Mindezek a korszerű vizsgálati megállapítások megerősítik ugyan a bakonyi mangánérc juraüledék-jellegét, alátámaszthatják annak a radiolarithoz való viszonyát is, mégis itteni tektonikai és vulkáni kapcsolatok hiányában nem sokkal segíthetik elő a bakonyi mangánképződés kérdését.

A tisztázott rétegtani helyzet és üledékes tengeri jelleg mellett a bakonyi mangánképződés vizsgálatában a következő kérdések merülnek fel: 1. a mangán származása; 2. a mangánoldat feldúsulása; 3. a mangánkiválás módja és a kovasavval való kapcsolata; 4. a mangánkiválás pelites kapcsolata; 5. az üledékképződés mélységi viszonyai; 6. a mangánösszlet diszkordanciája a fekümészkő egyenetlen felületén és »karsztos« dolinamélyedéseiben. Ezekkel a kérdésekkel *Földvári A.* alapvető dolgozata is foglalkozik, de eltekintve a mangánérc szárazföldi minősítésétől, csak elméleti feltevésre jutott. Vizsgáljuk közelebbről ezeket a kérdéseket.

1. A bakonyi mangántelep mangánanyagát *Földvári Aladár* a krétaelőtti szárazföldi időszak mészkőmállási termékének tartja. Erre vonatkozóan mészkőkioldási kísérletei és elemzések alapján, számszerű értékeket is ad. Megállapítása szerint a mészkövek átlagos 0,02%-os mangántartalma szerint 1 m^3 mészkőből, kereken 0,5 kg mangántartalom adódik. Ez az úrkúti és eplényi mangánmennyiséget 100 km^2 felületű 100 m vastag mészkőösszletből kiadná. *Földvári A.* feltevése szerint a bakonyi jurarétegeknek a triászösszlettel szembeni csekély mai elterjedése, az eocén-előtti szárazföldi lepusztítás eredménye s a lepusztított jurarétegekből, fentebbi számítás szerint, bőven kiadódnék a bakonyi mangántelepek anyaga. Ez azonban csak úgy lehetséges, ha a szárazföldi mészkőmállásból származó egész mangánmennyiség oldatba jutva egy üledék gyüjtőben koncentrálódik.

Ebben a lepusztítási folyamatban *Földvári A.* a szárazföldi mállásnak két szakaszát különbözteti meg. Egy szárazabb időszaki mállásból a liászmészkövön Eplényben vörös vasas agyagréteget figyelt meg, majd a lepusztulás előrehaladásával a terület térszíne mélyült, *víz alá került* és a mangános oldatokból, baktériumos közreműködéssel mangán vált ki. Ebből a »mocsárércből« vízveszteség és átkristályosodás során a mangánérc mai alakja keletkezett. A mangánérc-képződés tehát *Földvári A.* szerint »az élő szervezetek közreműködésével történt mangándúsítási folyamat«.

Függetlenül a mészkő-kioldódásból származó anyagok mennyiségi értékelésének földtani alapozatlanságától, *Földvári A.* szárazföldi lepusztulást feltételező elgondolása időben sem hozható összefüggésbe a bakonyi mangánképződés bebizonyult liász-korával, még kevésbbé annak *tengeri üledék jellegével.* A mangánösszlet kifejlődésére vonatkozó fentebbi adatok szerint a mangánérc a liász-üledéksorozathoz tartozó vegyi kiválás. A liász-üledékképződésben kezdetben mészkiválás, majd mangán- és mészmentes finom pelit, kovasav, végül fokozatos átmenetes kovasavas-meszes és újbóli mészkőképződés folyamatai ismerhetők fel. Ezeknek *az egymásrakövetkező kőzetanyagoknak keletkezése a tenger változó fizikai és vegyi viszonyaira vezethető vissza.*

A mangán anyaga a tengervízben, oldott állapotban általános és a mai mélytengeri vörösagyagban, oxigénben dús közegben gyakori mangándúsulással, oxidként, nagy mennyiségben kiválik. Anyagát általában vulkáni anyagból főként vulkáni tufa tengeralatti mállásából keletkező vörösagyaggal kapcsolatban származtatják. Mint láttuk, az említett jurarétegek mangán-anyagát is ilyen vulkáni eredésűnek tekintik az említett alpi-jellegű juraelőfordulásokban, ahol különböző jurabeli bázisos kőzetek jelenléte is kimutatható. A bakonyi mangánérc ilyen származtatására a rétegösszleten belül távolabbi körzetben is ismeretlen egykorú erupciós kőzetek hiányában, közvetlen bizonyítékunk nincs. A bakonyi juraösszlet egyéb üledékképződési jellegeinek figyelembevételével, a liász mészkő megállapítható tengeralatti kioldódásából, a mangán anyagának eredete érthetővé válik.

Heim Arnold iránytjelző, alapvető tanulmányban mutatott reá arra, hogy a tengeri üledékképződés folyamata a tengerfenék megfelelő helyein nemcsak üledékfelhalmozódásban, szaporodásban, hanem üledékpusztulással, fogyatkozásban is megnyílvánul. A szárazföldi lepusztulásnak (denudáció) megfelelő tengeri mállás, illetve anyagpusztulás, (exezió) oldás (disszolúció), elsodrás (derepció vagy derázió) és iszaprogyás vagy csuszamlás útján mehet végbe. Ezek a jelenségek az üledékes kőzetek gondos makroszkópos és mikroszkópos anyagvizsgálatával, biztosan felismerhetők.

Heim úttörő megállapításai a szovjet tengeri földtan módszereivel válnak igazán nagyjelentőségűvé. Ezek nyomán a tengeri üledékeket nem önmagukban, egymástól elszakított, elszigetelt és egymástól független anyagrészecskék felhalmozódásának tekintjük, hanem összefüggő, egységes egészként, a tárgyak és jelenségek szerves kapcsolódásával, egymástól függő, egymást feltételező módon vizsgáljuk. A tengeri üledékképződés folyamatát az üledékgyűjtő medence minden részének fizikai, vegytani, földrajzi adottságainak földtörténeti kapcsolatában vizsgáljuk a szárazföldhöz való viszonyban, a szárazföldi mállás éghajlati körülményeivel és az anyagszállítás hidrodinamikai tevékenységével együttesen. Nem egyszerű mechanizmus ez, a felhalmozódás mennyiségi változásával, hanem a mennyiségi változásoknak, ugrásszerűen, törvényszerű minőségi változásokba való átmeneteivel. Az üledékképződés az anyag fejlődésének

végső láncszeme, a mállással kezdődő és elszállítással, leülepedéssel járó egységes, osztatlan sokféle folyamat együttese. A szovjet tengerföldtan, az üledékképződés folyamatának ilyen vizsgálatában már energetikai megoldásokra törekedik.

2. A bakonyi mangánképződést a liász-összlet üledékképződésének viszonylatában, ilyen megfontolásokkal vizsgálva, a mangánkiválást megelőzően igen jelentős tengeralatti kioldódásos (disszolúciós) jelenséget ismerünk fel, amiből egyszersmind a mangán anyaga és annak helyi feldúsulása is adódik. A liász elején, a középső-liász végéig, a Bakonyban mészkőképződés történik, sekélytengeri, igen jelentéktelen szárazföldi eredetű ásványos törmeléket tartalmazó, vegyi eredéssel, biogén-elemek hozzájárulásával (Crinoidea Brachiopoda, Ammonita). A tengervíz telített mésztartalmából kicsapódott mészkőképződés melegebb hidroklímájú viszonyokat jelez, a szárazföldről származó, ugyancsak mésztartalmú vizek, hasonlóan melegebb jellegével.

A középső-liász végén azonban a mészkőképződés megszűnik, nyilvánvalóan a mésztartalom telítettségének változásából, aminek oka hidegebb vízhőmérséklet lehet. Ebből előbb üledékszünet (omisszió), majd nagymérvű mészoldódás (disszolúció) következett. A mészoldódás észlelhető már a rózsaszínű középső-liász ammonitás mészkőpadok rétegközeinek egyenetlenségeiben és látható vörös agyagbevonataiban. Ezt követőleg hirtelen teljesen megváltozik az üledékképződés menete, anyagában és alakjában is. Mésznélküli pelites mangánösszlet keletkezik, fenéklakó szervezetek vázrészeinek hiányával, lebegő szervezetek gyér nyomaival. Mindez nagyobb CO_2-tartalmú, hidegebb, meszetoldó víz jelenlétére utal. Az alsó- és középső-liász mészkőösszletének nagymérvű kioldódása egyenlőtlenül, kiemelkedés nélkül ment végbe és az újraindult pelites mangán-üledékösszlet már erre a kioldódott, felszíni karsztos formákkal azonos jellegű, egyenetlen fenékre rakódott le. A fekümészkövön észlelhető vörösagyag, az úrkúti vörösagyagos tűzkőtörmelék és a mangán, ennek a tengeralatti kioldódási folyamatnak származéka és üledékanyaga.

Felvetődik az a kérdés, hogy a bakonyi alsó- és középső-liász utáni, hirtelen üledékváltozás hogyan ment végbe. A víz hőmérsékletváltozása okozta a mészkőképződés megszűnését és a mészkioldódást. Az eddigi feltárások szerint a mangánösszlet koncentrált képződése és a vele kapcsolatos nagymérvű kioldódás nem általános, hanem ebben a mértékben lokalizált jelenség, ami ilyen alakban hidegvízű fenékáramlással magyarázható. A nyugateurópai liász-kifejlődés, mészkőben szegény volta közismerten ilyen hideg áramlásokra vezethető vissza. A jurabeli ősföldrajzi ismereteink szerint a borealis juratenger ilyen hideg áramlásokkal éreztette hatását Középeurópában s ez kihatással lehetett a mediterrán-övre is, amit viszont időszakos faunakicserélődéssel igazolhatunk.

A liász-mészkő kioldódásának ilyen lokalizálódásában van a mangánoldat feldúsulásának, illetve ércként való lerakódásának oka és lehetősége is. Ez nagyon fontos gyakorlati megismerés a bakonyi mangán további kutatásában,

amennyiben a liászképződmények területein ilyen kioldásos részeket kell keresnünk. Ez igen alapos rétegtani vizsgálatot igénylő feladat, mert az ilyen természetű kioldódással kapcsolatos pelites üledékképződés igen lassú folyamat, aminek során az anyagok térbeli eloszlásában, tehát heteropikus kifejlődésében is különbségek adódhatnak, vegyi és mechanikai anyagelrendeződésből osztályozódás is létrejön. Ezt igazolja az a tény, hogy a liász-rétegek kifejlődésében, az úrkúti és eplényi területen kívül, a mangánösszlettel kapcsolatos fedőrétegek felszínén kioldódások mindig csak a rétegközökben visszamaradt oldási maradékkal észlelhetők.

3. Mint láttuk, a bakonyi mangánképződés a középső-liász után ingadozóvá vált különleges üledékképződést jelent, mészkőképződés megszűnésével, mészkioldással, mangán, kovasav és pelit váltakozó rétegeinek keletkezésével. A mangán kiválása az oxigénes közegben, oxidként, gél-alakban történő vegyi folyamat. A Szovjetunióban végzett tengeri üledékvizsgálatok során *Klenova* megállapítása szerint, az északi tengerekben a mangán az üledékanyag legfinomabb frakciójával válik ki, a finomszemcsés törmelékes üledékek sorában. A vízben oldott mangán mennyisége igen változó, a Kara-tengerben 1,52%, a Barenc-tengerben 0,02—0,03%; kolloid-oldatként kerül a folyóvizek útján a tengerbe és az édesvíznek nagy pH-tartalmú tengervízzel való keveredésekor válik ki. A Kaspi-tengerben a mangánkiválás a nyugati partvidéken és a folyók torkolatához közel összpontosul. A Barenc-tengerben a 0,01 mm szemcséjű üledékanyagban, a sekélyebb részeken a mangántartalom növekedik.

Mindezek a megállapítások a bakonyi mangánképződésben is felismerhetők. A mangánérc kiválása gélalakban, szakaszosan, többszöri ismétlődéssel történt, utólagos részleges kristályosodással, epigenétikus kovasavas, kalcedonos kiválással. A mangánanyag tömörülésén kívül, a finom pelitszemek bekérgeződésével, mangános agyag is keletkezett. A mangánkiválásnak ez a módja a mai mélytengerekben a mészkioldásos mélységekben történik, de a bakonyi mangánércképződés sekélytengeri övre utal, a fentebb említett szovjetvizsgálatok bizonysága szerint.

4—5. A bakonyi mangánösszlet, mint láttuk, igen finomszemű agyagüledékből áll. Ezeknek sokszínűségében különösen feltűnő a jellegzetes zöldagyag, amely anyagára montmorrillonit, ásványos alkatrészei nem szárazföldi eredetűek, hanem a mészkő oldási maradékából származhatnak. Ugyanez vonatkozik az agyagösszlet többi fajtájára is. A finom sávozottság, ritmusos leülepedésre mutat. Gyér szerves maradványai között a plankton-*Orbulinák* uralkodók, amelyeknek eredeti mészváza a mangános agyagban kovásodottá is vált. A mangánt kísérő zöldagyag különösen jellemzőnek vehető, mert az említett jurabeli mangánelőfordulások mindegyikében leírnak hasonló képződéseket, sőt az ukrajnai eocén-mangánösszletben is megtalálható. Feltűnő, hogy a mangánösszlet agyagrétegeiben viszonylag kevés a pirit, ami szintén oxigénes közegre utal, mert a piritképződés oxigénhiányos közeget igényel.

A szovjetoroszországi csiaturszki legismertebb tengeri üledékes mangánérc üledékképződési tekintetben annyiban egyező, hogy a mangánoxid ott is kolloidos oldatok koagulációjaként keletkezett. A szenon tűzköves mészkőre terrigén-anyagú homokos agyagos és homokos mészkőrétegek kíséretében a mangánrétegben molluszkahéjak, szivacstűk, halcsontok, cápafogak és fatörzsek is vannak kőszénnyomokkal. *Sokolov* szerint a híg mangánoldatból a mangánkoncentrálódás és mangánkiválasztás különleges módon, algák és baktériumok útján, 50—100 m mélységben történt. Ez megfelel az úrkúti viszonyoknak is, ahol azonban a szárazföldről származó törmelékes anyag egészen alárendelt, piritképződés is minimális, limonitkiválás sincsen. A vas és mangán együttes szerepe tehát hiányzik, ami szintén a bakonyi mangánkiválás különlegességét igazolja. A csiaturszki nagykiterjedésű mangánterületen, *Betehtin* szerint az oxidos mangánércben, a partoktól távolodva, a medencemélyüléssel karbonátos mangánásványok jelentkeznek, először kötőanyagban, majd oolitok alakjában. Ez egyszersmind nagyobb foszfortartalmú és oxigénhiányos bomlásból, szulfidokkal is kapcsolatos.

Mindezek a bakonyi mangánösszletből hiányoznak, mert ez a partoktól távolabbi nyílt sekélytengerben keletkezett, durva terrigén anyag nélkül.

A durvább terrigén-alkatrészek hiánya mellett feltűnő ellentétként mutatkozik a kovásodott és kőszenesedett fatörzsek gyakorisága. Ezt a partoktól távoli nyílttengeri üledékben csakis erős-sodrú áramlások jelenlétével magyarázhatjuk, ami egyben megerősíti a kioldásos üledékképződés fentebbi, hidegvízű áramlásokkal kapcsolatos voltát, aminek a mangánkiválásban is szerepe van. A fatörzsek kovásodása az üledékképződésben mutatkozó kovasavgél kiválással érthetővé válik. A növényi részek szenesedése pedig kis mélységre utal, ami az oxigén állandó jelenlétét és felfrissülését lehetővé teszi. A fentebbiek szerint erre utal a pirithiány is.

6. Az észlelt jelenségeknek ilyen összeegyeztetésével a mangánösszlet kioldásos vegyi üledékként való felismerésével, a fekümészkővel szemben mutatkozó diszkordancia kérdése is érthetővé válik. Ez a diszkordancia üledékképződési diszkontinuitás, nem kiemelkedésből származó szárazföldi karsztosodás, hanem az üledékkihagyás után bekövetkezett kioldódás, amire az újraindult üledékképződés (reszesszió), a kioldás anyagából származó mangánképződés volt. A mangánösszlet alján levő törmelék, nem transzgressziós, legfeljebb transzmerziós, a vízalatti üledékszünetre következő omissziós-abluciós réteg. Végeredményben tehát a *bakonyi liász-mangánérc szingenetikus, exeziós-abluciós üledék.* A mangánkiválás is szakaszosan történt, többször megismétlődően és ugyanilyen szakaszos ülepedést jelez a kíséretében levő palás-leveles-sávos pelit is. A mangán alján levő tűzkőtörmelék az alsó-liász legalsó szintjének, világosszürke, fehér, radiolináris és kovaszivacstűs anyagából származik. Ez *Kiss J.* mikroszkópos vizsgálata szerint teljesen kristályos szövetű, melynek apró likacsait is xenomorf-kvarc tölti ki. A kioldásos, porlódó anyag egynemű

finom vagy daranagyságú kvarctörmelék. A köztük levő apró limonitszemek valószínűleg a kiiszapolt vörös agyagból származnak.

Liász fedőrétegek

A mangánösszlet üledékképződési viszonyainak kiegészítéséül röviden utalnunk kell arra, hogy a mangánösszlet agyagüledékeinek képződése az úrkúti III. akna harántfolyosójában észlelt szelvény rétegsora szerint, folyamatosan folytatódik a fedőösszletben, mangán nélkül, sötétszürke, réteges-pados orbulinás agyagrétegekkel. Ezek keletkezése a mangános agyagrétegekével egyező, mésszel még szintén nem eléggé telített közegre utal. Az Orbulinák nagymennyiségű jelenléte, ebben a tekintetben mégis bizonyos javulást jelent, bár az Orbulinák aprótermetű volta és viszonylag vékony héja a mészvázépítésben és egyéb létkörülményekben nem jelenti a legkedvezőbb környezetet. Mint említettük, a kőzet mésztartalma kizárólag az Orbulinák mészhéjából ered, úgyhogy kőzetképződés tekintetében agyag-jellegű. Ez a fedőrétegtag Eplényben minimumra redukálódott.

A további felső-liász-rétegek tűzköves mészkő vagy kovás mészkő és márga alakjában már teljesen megváltozott közeget jelentik, a mészkiválasztás túlsúlyával, de még vegyi üledékképződés kizárólagosságával, kovasavgél feldúsulásával.

Végeredményben tehát az úrkúti mangánösszlet teljes liászszelvényében három-ütemű üledékképződési folyamat van : 1. a triász végétől folytatólagosan, a középső-liászig bezárólag terjedő, melegebbvízű mészkőképződéssel, majd 2. hidegebbvízű, mésznélküli pelites és 3. fokozatos felmelegedéssel újrainduló mészkőképződéssel. A mészkőképződés kovasavas kiválással kapcsolatosan kizárólagos vegyi üledékképződés. A mangán-pelites szakaszt is vegyi üledékképződésként tekintjük, mert az agyagüledékek anyaga is legnagyobbrészt halmirolízissel képződött, a kioldás és a vegyi kicsapódás pusztító-építő együttesében. Az utóbbiban szerepet kap még a kovasav is, amelynek üledékképződési jelentősége hidroklíma tekintetében még kiértékelésre vár.

Az üledékképződési viszonyok ilyen hidroklímás megnyilvánulása az úrkúti kréta-fedőrétegekben is megmutatkozik. A krétaösszlet alján, transzgressziós partközeli, törmelékes, agyagos, mészképződés nélküli üledékek keletkeztek. A mésznélküliséget igazolják az agglutinált héjú, fenéklakó Foraminiferák. Erre a hidegvízű rétegre agyagmárga, mészmárga, majd tiszta mészkő, fokozódó vízfelmelegedéssel, mésszel telített közeget jelent, amit a Rekvieniák és egyébb vastaghéjú kagylók jelenléte is igazol. A mészkiválás ugyanis ott és mindaddig történik, ahol és amíg a mésszel telített oldat felmelegedhetik.. Errenézve figyelemreméltó *Heim Arn.* egyik adata, amely szerint 100 m mélységű, 15 fokról 20 fokra felmelegedő, napi 27 km sebességű áramlás, évi 2 mm mészréteget adhat le.

A bakonyi mangánösszlet keletkezésének a föntebbiekben elemzett megállapításai a bakonyi juraképződmények egészének rétegtani és ősföldrajzi viszonyait, általában véve is új megvilágításba helyezik. Ennek tárgyalására itt nem térünk ki, csak általánosságban hangsúlyozni kívánjuk, hogy a bakonyi jurasorozat alpi-jellegű hézagosságának magyarázatában az itt érintett omissziós-kioldásos folyamatoknak igen nagy szerepe van. Ezek a szingenetikus jelenségek szabták meg a juraösszlet hézagos rétegsorát, faunakeverődéseket, üledékmegszakításokat, üledékhiányt létesítettek, amelyet a későbbi lepusztulás fokozhatott, a tektonikai zavarok is bonyolítottak.

Fel kell hívnunk azonban a figyelmet arra is, hogy a bakonyi mangánképződéssel kapcsolatos liászbeli üledékképződési jelenségek, bizonyos fácieskülönbségek mellett is felismerhetők a Gerecsehegység jurájában is. Itt kioldódási jelenségek már a triász végén, a dachsteini mészkőben mutatkoznak, amelynek repedéseit, meghatározott kőzetrések-menti hasadékait, sőt a Megalodus-héjak helyét és belsejét helyenként rózsaszínű és vörös liász-kőzetanyag tölti ki, a dachsteini-mészkővel szoros beszövődéssel.** A raeti-liász-üledékképződésnek ez a folytonossága a Bakonyban, tudvalevőleg a dachsteini jellegű mészkőképződés változatlanságában mutatkozik.

Megtaláljuk a Gerecsehegységben is a mangánkérges, mangángumós szerves maradványok feltűnő jellegeit a középső-liász-mészkőben. A lábatlani Tölgyhát nagy kőfejtőjében, a középső-, felső-liász határára utaló mészkőben a bakonyival egyezően, a mészkövet metaszomatikusan átitató mangánrögök is találhatók. Ezeknek részletes ásványtani vizsgálatát *Koch S.* tanulmánya adja. Az ugyanitt négy évtized előtt ismertetett zöldesszürke agyagréteg a középső- és felső-liász között *(Vadász* 1913.) a bakonyi mangánösszletet képviseli, azzal azonos képződésű üledék.

Mint láttuk, a lepusztulásnak jelentős szerepe volt a bakonyi mangánösszlet mindkét területén. Úrkúton, keleten a Csárdahegy kiemelkedettebb helyzetű rögében, a krétaösszlet is teljesen hiányzik, míg nyugat felé, fokozatosan vastagodva, teljessé válik. Eplényben, a bányanyitástól délre és keletre, az eocén, illetve a miocén lepusztítás a mangánösszletig hatolt, sőt az alsó-liász fekvőrétegekig azt is lepusztította.

A bakonyi jura rétegtan-ősföldrajzi kérdései, az üledékképződés makroszkópos és mikroszkópos jelenségeiben gyökereznek. Ezeknek mielőbbi részletes tisztázása egyszersmind a mangánkutatás további sorsának kulcsa is. Mindezek a Magyar Középhegység jurájában általánosan érvényesülő jelenségek nagyon részletes kinyomozást és beható anyagvizsgálatot igényelnek, mangánkutatásunk érdekében is. Errevonatkozó munkáknak elkészítését, érdekelt szaktársaink mindent félretevő legsürgősebb tervfeladatává kell tennünk.

** A dachsteini mészkő jellegzetes zöldesszürke, kioldódásból származó agyagközbetelepülései és kioldásos rétegközi, bikonkordáns egyenetlenségei külön tanulmányt szolgáltatnak, ami az Egyetemi Földtani Intézet tudományos tervmunkájaként folyamatban van.

Reá kell mutatnunk még röviden a mangánösszlet kivizsgált viszonyainak hegységszerkezeti jelentőségére is. *Földvári A.* is kihangsúlyozta ezt, az eplényi előfordulás tévesnek bizonyult tektonikai minősítésével. Említettük az úrkúti III. akna harántszelvényének általános települési jellegeit, É—D-tengelyű, lapos boltozatformálódást, annak keleti és nyugati szárnyán észlelhető erős rétegösszlet-ráncolódással. Az úrkúti jurarétegek településében már a négy évtized előtti tanulmányban, a külszínen is megállapítottuk az észak—déli tengelyű boltozatot. Ugyanezt találjuk a szentgáli Tűzköveshegyen, a felső-liászig terjedő juraösszletben és a Gombáspuszta melletti vasúti bevágás tűzköves márgarétegeinek ugyanilyen irányú ráncolódásaiban is. Ilyen települési formákat találunk a balatonfelvidéki triász-sorozatban és a zirci kértaösszletben is. Mindebből a Bakonyban megnyilvánult, K—Ny irányú, erős nyomóhatásra kell következtetnünk. Ezek valószínűleg a krétabeli ausztriai mozgási szakasz megnyilvánulásai.

A bakonyi jura mielőbbi részletes rétegtani adataiból várjuk a kimmériai mozgások itteni kimutatását, illetve pontos rétegtani szintjének megállapítását is.

Összefoglalás

A bakonyi mangánképződésre vonatkozó általános jellegű, a feltárások mai állapotára kiterjedő vizsgálataink a következő eredményeket adják:

1. A mangánérc liászbeli egyidejű kimarásos-elmosásos folyamattal kapcsolatos tengeri vegyi üledék.

2. A kíséretében levő liász-fekümészkőösszlet, a vele kapcsolatos pelit-üledékekkel, a fedő agyagmárga és kovás márgarétegekkel együtt, túlnyomóan vegyi jellegű üledékek.

3. A mangán és a kíséretében levő pelitit-anyagok túlnyomólag kioldódásból származnak, az agyagalkatrészek tengeralatti mállásával (halmirolízis).

4. Az egész liász-rétegösszlet, a mangánércet is beleértve, vegyi kiválásában a kovasav kriptogén-oldatban mindenütt résztvesz és kiválása mennyiségi különbséget jelentő utólagos átkovásításban, átitatásban vagy kovasavgél amorf kicsapódásában gumók, lencsék vagy rétegek alakjában történt.

5. A liász-mészkő, a mangánösszlet és a tűzkőrétegek is, Radiolaria, Orbulina- vagy Ammonita-tartalmuk ellenére, sekélytengeri képződésűek.

6. A mangánképződés a mangánkiválásnak a jurarétegekben általánosan felismerhető jelenségében lokalizált feldúsulást jelent.

7. A mangánösszlettel kapcsolatos üledékképződési folyamatok a Magyar Középhegység jura-kifejlődésében kimutatható törvényszerűségek, amelyek az alpi-jellegű juraképződések sajátosságait (üledékhézag, hiányos település, fáciesellentét, faunakeverődés) megmagyarázzák.

8. A bakonyi mangánkérdés üledékképződési megoldása általános jelentőségén felül, új mangánkutatási lehetőségeket nyit, amelyeknek megvalósítása

legelsőrendű népgazdasági feladat. A liász-mangándúsulás továbbnyomozása céljából korszerűen fel kell dolgozni a Bakony és a Gerecsehegység juraképződéseit, amelyeknek részletes térképezése évtizedek óta »folyamatban van«.

A szükséges további komplex anyagvizsgálat hiányában most folyó mangánkutatásaink csak részmegoldásokat és meddő tapogatódzásokat jelentenek.

9. A magyarországi mangán és a bauxit eddigi, az irodalomban általánosan elterjedt heteropikus fácieskénti tekintett volta, teljesen téves. A bauxit és a mangán térben és időben, valamint keletkezésben is különböző képződések, amelyeknek területileg egymást kizáró volta nemcsak eltérő képződési módjukból, hanem különböző földtani korukból is következik.

IRODALOM

Andrusov: Geologicky vyzkum vnitrniho bradlového pásma v Západnich Karpatech. III. (Étude géol. de la zone des klippes internes des Carpathes occidentales. III. Tectonique. (Rozpravy Statniho Geol. Ust. Cesko-Slov. Rep. Sv. IX. Praze 1938)

Alliquander: Magyarország bánya- és kohóipara az 1912—26. években.

Arbenz: Die Manganerze in Radiolarienhornstein in Mittelbünden (Die Eisen und Manganerze d. Schweiz, Lief. 1. Bern, 1923).

Behrend: Über die Bildung v. Eisen- und Manganerze durch deren Hydroxydsole auf Verwitterungslagerstätteen. (Z. f. prakt. Geol. 32. 1924. 81. old.)

Berg: Das Leben im Stoffhaushalt der Erde. Leipzig.

Betehtin: A Szovjetunió ipari mangánércei. (Akad. Nauk CCCP. 1946.)

Čechovic: Geologia a genera manganovych lozisk — Geologie und Genezis der Manganerzlagerstatten: Slovakia. (Státny Geol. Ustav. Praha 1942.)

Chlebnikov: Die Manganerzlagerstätten d. Ukraine. (Z. f. pr. Geol. 26. Ig. 1918.)

Földvári: Az eplényi áttolódás a Bakonyhegységben. (Földt. Közl. 1942.)

Földvári: A Bakonyhegység mangánérctelepei. (Földt. Közl. LXII. 1932.)

Finkey: Előkészítési kísérletek úrkúti mangánércekkel (Math. és Term. Értesítő LIV. 1536.)

Geiger: Manganerze der Radiolariten Graubündens. (Beitr. z. Geol. Karte d. Schweiz Geotechnische Serie Lief. 27. Zürich, 1948.)

Grunau: Geologie v. Arosa (Graubünden) mit bes. Berücksicht. d. Radiolarit-Problems (Diss. Zürich 1947.)

Hantken: Új adatok a déli Bakony föld- és őslénytani ismeretéhez. (Földt. Int. Évk. III. 1873. Budapest.)

Hummel: Die Entstehung eisenreicher Gesteine durch Halmyrolyse. (Geol. Rundschau, 13. 1922.)

Jakob: Die Manganerzlagerstätten zwischen Val d'Erz und Roffua (Oberhalbstein) ihre Begleitminerale und ihre Genesis. (Schw. min. petr. Mitt. XIII. 1933.)

Katzer: Auf der Largerstättensuche im unteren Amazonasgebiete. (Öst. Zeitschr. f. Berg- und Hüttenwesen Bd. 46. 1898.)

Katzer: Die geol. Verhältnisse des Manganerzgebietes v. Celjanovic in Bosnien. (Berg- u. Hüttenmänn. Jahrb. d. Mont. Hochschule zu Leob LIV. 1906.)

Kovács L.: A Káváshegy jurakorú üledékeinek sztratigráfiai és mikrotektonikai viszonyai (Földt. Int. Évi Jel. 1945—47-ről. 1951.)

Kutassy: Adatok a Déli- és Északi-bakony triász- és krétakori lerakódásainak ismeretéhez. (Földt. Int. Évi Jel. 1933—35. IV. K.)

Lóczy L.: Hozzászólás Földvári Aladár "Az eplényi áttolódás a Bakonyhegységekben" c. előadásához. (Földt. Közl. LXX. 1940. 203 old.)

Leitmeier: Die Lagerstätten oxydischer Manganerze und ihre Entstehung. (Hand. d. Mineralchemie 3. 12. 1926.)

Marschalkó: Az úrkúti mangánércelőfordulás és jelentősége. (Magy. Mérnök és Építészegylet Közl. III. 1926.)

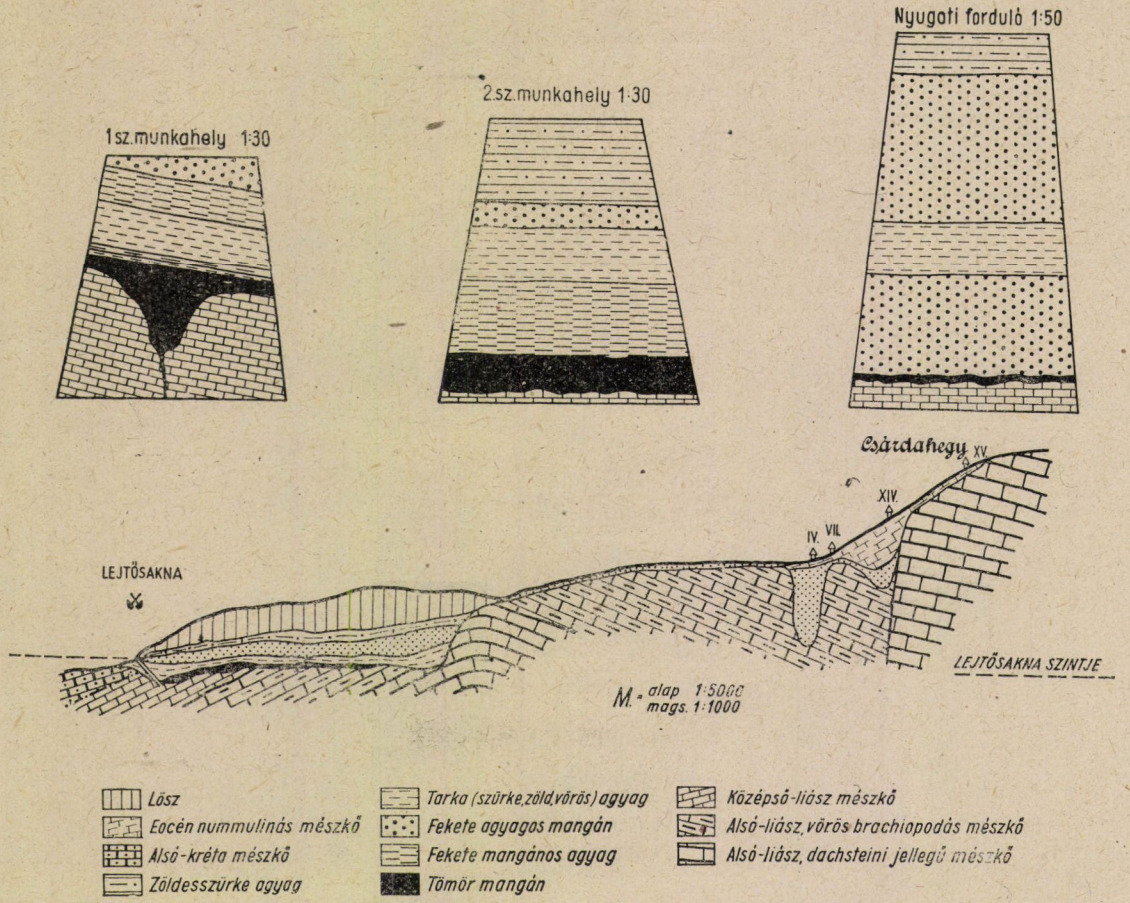
Meinhardt: Manganerzlager bei Úrkút in Ungarn. (Stahl u. Eisen 41. 1921. 117—18. o.)

Papiu: Extras contribuţiuni la cunoaşterea originii jaspurilor şi zocomintilor de mangan asociate cu diabazele din masivul Droce (Bul. ştiint. Akademia Române II. 1950.)
Papp F.: Ércvizsgálatok hazai előfordulásokon. (Földt. Közl. LXIII. 1933.)
Papp: Examen microscopique des minerais metalliques de Hongrie. (Bull. soc. fr. de Miner. 55. 1932.)
Pobozsny: A Vérteshegység bauxit-telepei. (Földtani Szemle I. 1928. 220. oldal 19. ábra)
Tarján: A mangánércek feldolgozása. (M. Tud. Akad. Műsz. Osztály Közl. I. 1. 1951.)
Vadász: Üledékképződési viszonyok a Magyar Középhegységben a jura időszak alatt. (Mat. és Term. Tud. Értesítő XXX. köt. 1. füzet Budapest, 1913.)
Vadász: A Déli-bakony jurarétegei. (Balaton Tud. Tanulm. Eredményei I. köt. 1. rész, Budapest, 1909.)
Vecsey: A bakonyi Ajka—Úrkút—Halimba környékének eocén képződményei. Budapest, 1939.
Vigh: Führer in das Gerecse Gebirge nach Lábatlan und Piszke. (Führer zu den Studienreisen der Pal. Ges. Budapest, 1928.)
Vigh—Noszky: Előzetes jelentés az úrkúti mangánbánya környékén végzett földtani vizsgálatokról. (Földt. Int. Évi Jel. 1936—38-ról.)
Vitális I.: Az urkuti mangánérc (B. és K. lapok LXVIII. 1935.) Das Manganerz von Úrkút (Mitt. d. Berg. u. Hütten. Abt. d. Universität Sopron VII. 1935.)
Westerwald: L.s gites de manganèse du Domaine Atlasique at Maroc Francais et leur classification géologique. (Géol. Inst. Univ. Amsterdam, 1951.)

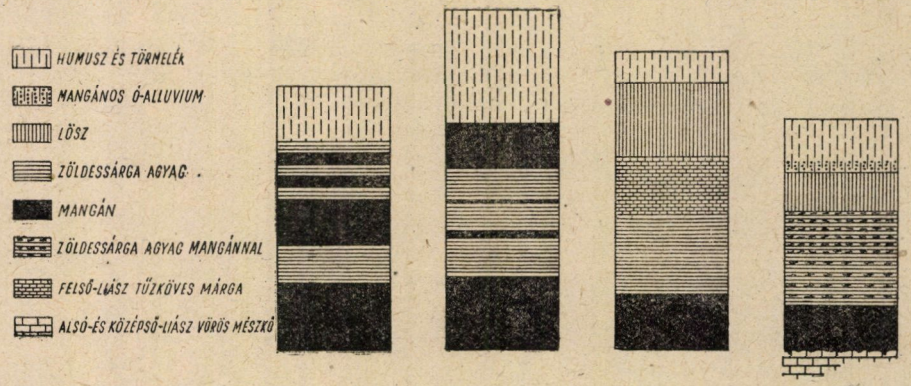
Az előadáshoz hozzászólt:

FÖLDVÁRI A., HORUSITZKY F.,
JAKUCS L., MAJER I.,
PÁVAI VAJNA F., VENKOVICS I.,
VIGH GY., VITÁLIS S.

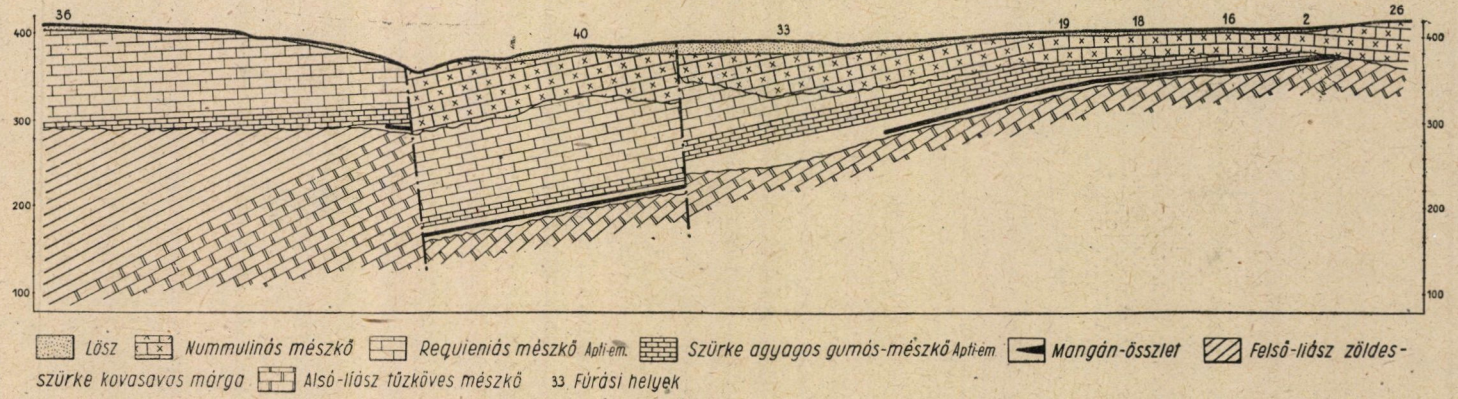
1. ábra. 1951. szeptember 30. Úrkút, Csárdahegy kartszos alsó-liász-mészkő a mangánkülfejtés helyén



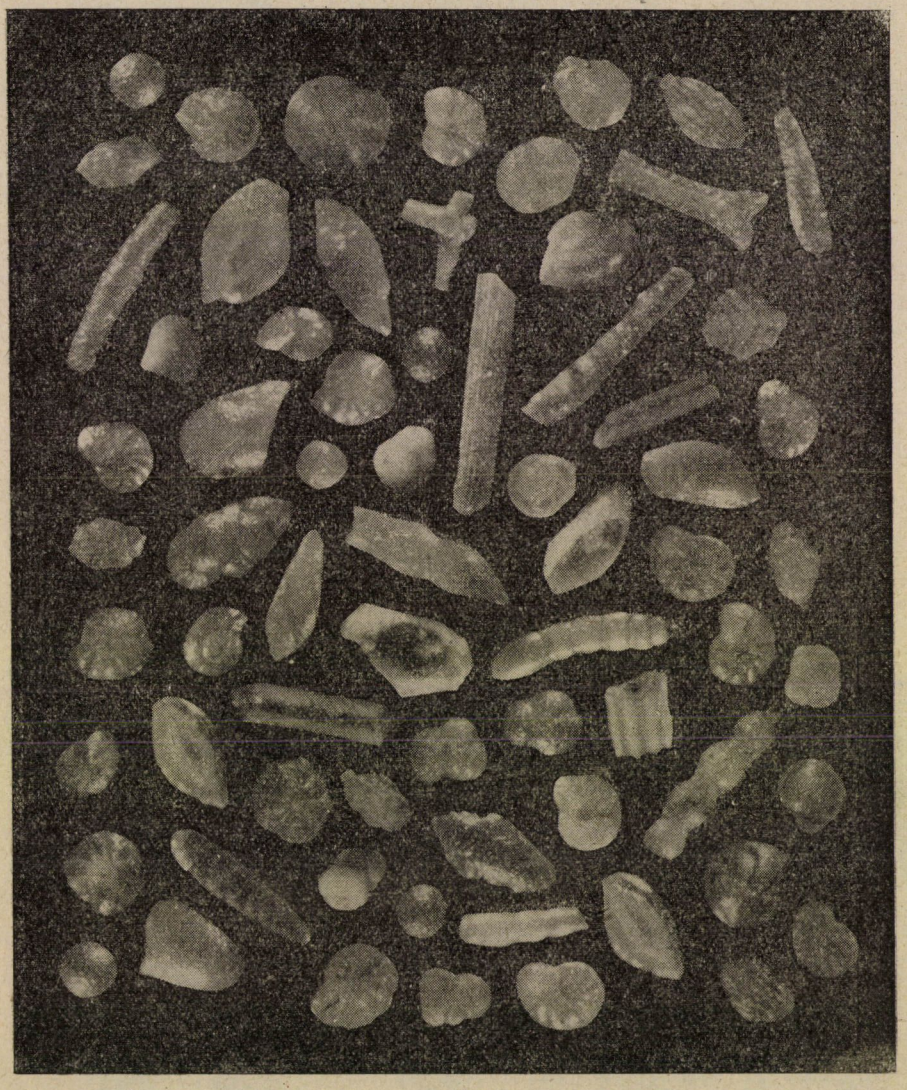
2—3. ábra. Az úrkúti régi lejtősakna föltárás mangánösszlete és földtani szelvénye



4. ábra. Az eplényi mangánösszlet szelvények a kutatóaknákból.

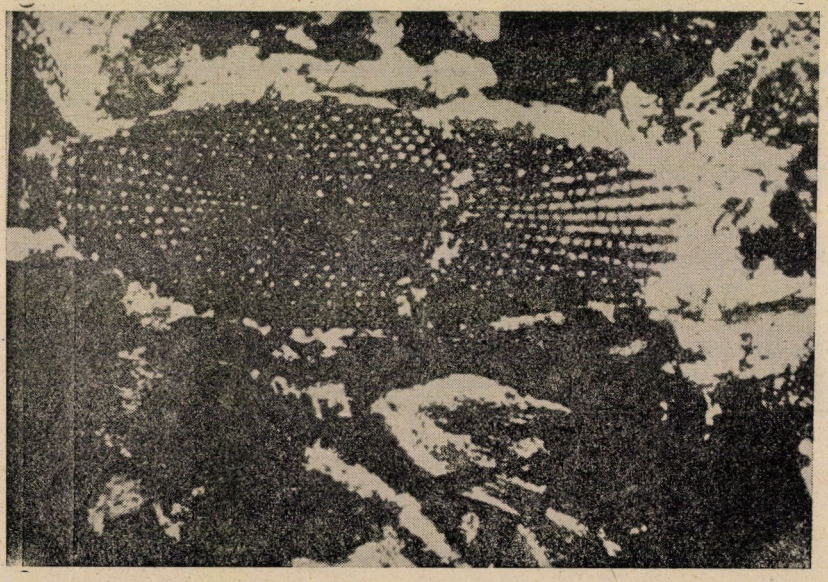


5. ábra. Az úrkúti aknamező földtani szelvénye



6. ábra.
Az úrkúti mangánösszlet zöld agyagrétegének mikrofauna képe

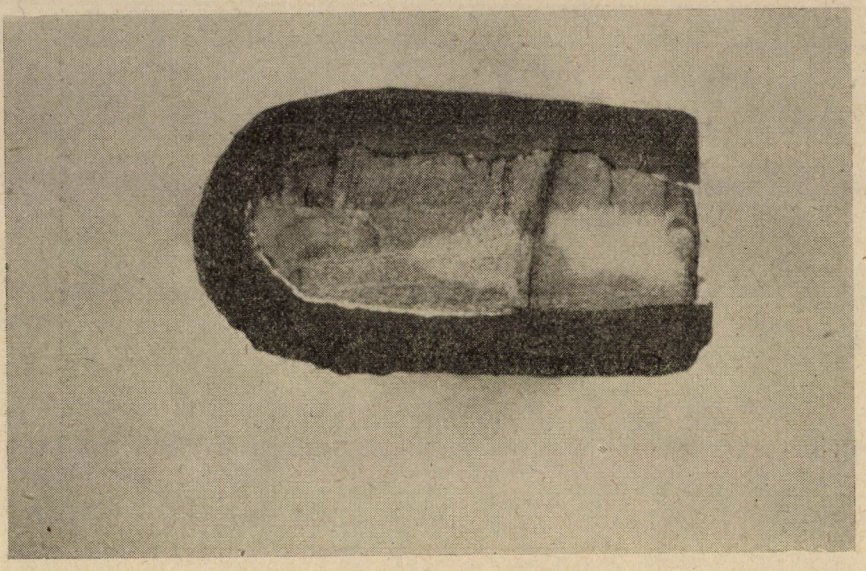
7. ábra. Ganoid-halmaradvány a mangánból (nagyítva). Úrkút



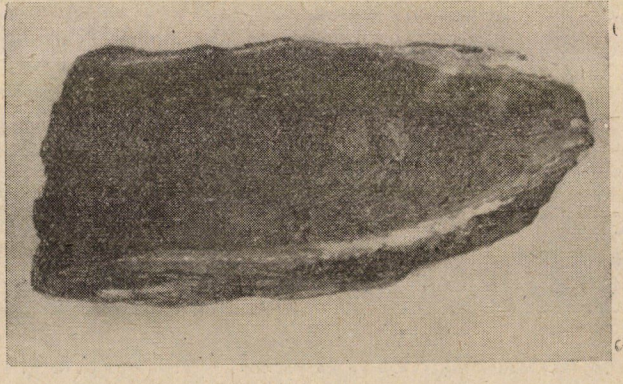
8. ábra. Mangánérces (pszilomelán) krinoideás mészkő. Úrkút. 1 : 30

9. ábra. Kvarc és göthit kiválás a pszilomelánban. Úrkút. 1 : 120

10. ábra. Úrkút mangánkonkréció : 1 pszilomelán, 2 fokozatosan kristályosodó mangángél (wad).
40 ×



11. ábra. Mangánkérges kovasavas márga. Úrkút



12. ábra. Limonitkérges, zöld agyagos mangángumó. Úrkút

13. ábra. Úrkút 1950. A felső-liász sötétszürke orbulinás agyagmárga gyűredezettsége. III. akna szivattyútér-körzet

ADATOK AZ ALLITOS AGYAGÁSVÁNYOK TÖMEGVISZONYÁNAK MEGÁLLAPÍTÁSÁHOZ KAPCSOLATBAN AZ ISZKASZENTGYÖRGYI BAUXIT ÁSVÁNYTANI VIZSGÁLATÁVAL

VENDEL MIKLÓS

Az iszkaszentgyörgyi bauxitelőfordulás földtani viszonyait *Vadász Elemér*, kémiai sajátosságait pedig *Gedeon Tihamér* vizsgálataiból ismerjük. (1, 2) *Vadász, Gedeon* kémiai vizsgálataira támaszkodva, *hidrargillitet, piritet, limonitot, kalcitot* írt le, *Náray-Szabó István* és *Neugebauer Jenő* Debye-Scherrer röntgenmódszerrel pedig a *bőhmitet* is kimutatta (3). A hidrargillit és a bőhmit közel egyenlő erősségű vonalakkal jelentkezett felvételeikben, s néhány gyenge *hematit*vonalat is találtak. *Roskova V. V.* egyik, a magyar bauxitokkal foglalkozó munkájában az iszkaszentgyörgyi bauxitból *hidrargillitet, bőhmitet, kloritot, pirit, goethit* és *hidrogoethit* elmállásából származó *limonitot*, továbbá helyenként összefolyt *ehrenwertitet* és *hidrohematitot* ismertetett (4).

Saját vizsgálataim kiinduló anyaga az iszkaszentgyörgyi bauxit volt. Minthogy már kezdetben főleg metodikai vizsgálatra gondoltam, a részletek tanulmányozásától eltekintettem. Egy más alkalommal szándékozom az előfordulás különböző bauxit- és egyéb kőzetféleségeinek részletvizsgálataival foglalkozni.

A vizsgálatra került bauxit 3 mm-nél kisebb szemnagyságúra aprított volt. Színe sárgásbarna. Nem ritkák benne 1—2 mm átmérőjű keményebb, barna és néha kissé veresesbarna magvú gömbded, oolitos képződmények. Akadnak azonban szögletes, kemény, sötétbarna darabocskák is a főtömeget alkotó lágy anyagban. A keményebb, barna oolitos szemek vastartalmának főtömege 20%-os HCl-lel gyakorlatilag ¼ órás főzéssel kioldható. A visszamaradó, lényegében allitos jellegű tömeg ugyanis ekkor már erősen kifehéredett. A bauxit vegyelemzését *Mika József* végezte el légszáraz anyagon, a következő eredménnyel :

SiO_2	3,76	
TiO_2	3,44	
Al_2O_3	50,50	*Ebből 1,52% higroszkópikus víz 105° C-on.
Fe_2O_3	19,01	
CaO	0,19	
MgO	0,09	
P_2O_5	0,46	
SO_3	0,24	
H_2O (izz. veszt. N-áramban)	22,46*	
	100,25	

A bauxitok ásványos, elsősorban allitos összetételének meghatározásában a nehéz folyadékokban történő centrifugás szétválasztás vastalanított bauxiton és a különböző fajsúlyú részletek fénytöréséből való következtetés ismert eljárás. Ezzel kapcsolatban utalhatok *Roskova V. V.* munkáira (4—5).* *Roskova V. V.* centrifugával részletekre tagolja a híg (5—10%-os) sósavban való oldásnál nyert vastalanított maradékot, majd az egyes részletek fénytörését vizsgálja meg, s ebből következtet a bauxit allitos ásványaira. Az általa használt fajsúly-intervallumok 0,1, a fénytörésiek pedig 0,010—0,015 nagyságúak.

Az iszkaszentgyörgyi bauxit ásványos összetételének megállapítására elsősorban én is a nehéz folyadékokban különböző fajsúlyú részletekre való szétválasztást s a szétválasztott részletek fénytöréses optikai vizsgálatát terveztem. A szétválasztás meggyorsítása céljából szintén centrifugát választottam. Már az előzetes tájékoztató kísérletek során azt észleltem, hogy a sósavas oldással vastalanított allitos anyag fajsúlya — jóllehet két igen eltérő fajsúlyú agyagásványból (az irodalom szerint hidrargillit 2,4, bőhmit 3,02) állt — a dörzsöléssel elérhető porításban mégis rendkívül szűk határok közé volt fogható. Gyakorlatilag szinte azt mondhatjuk, hogy csak egy fajsúlyérték adódott. Ennek igazolására tájékoztató kísérleteimből közlöm alább egy-két kvantitatív szétválasztás eredményét. Nehéz folyadékul bromoform-benzol elegyeket használtam, a centrifuga fordulata percenként 2400 volt. Egyszerű üvegcentrifugacsövekkel dolgoztam, s a leülepedett és úszó részlet kvantitatív különválasztására fagyasztást használtam. Fagyasztó anyagul éteres szénsavhó szolgált. Kezdetben úgy jártam el, hogy fagyasztás után néhány pillanatra desztillált vízbe mártottam a centrifugaedényt. Ekkor a fal mentén bekövetkező részleges olvadás folytán a megfagyott tömeg az edényből kicsúsztatható volt. A könnyebb és nehezebb részlet elválasztását végül ollóval való szétvágással végeztem el. Az üvegfalhoz tapadt nyomokat arányosan megosztottam a leülepedett nehezebb és az úszó könnyebb részlet tömege szerint. Ennél az eljárásnál jobbnak bizonyult azonban fagyasztás után az úszó és leült anyag közé eső részen az üveg körülvágásával való, illetve karcolás után forró üvegcseppel történő repesztéses különválasztása a két részletnek. Ilyen módon kifogástalan volt az elválasztás.

Az egyik tájékoztató kísérletben pl. 10%-os HCl-ben porcelántálban vízfürdőn 1 órán át főzött finom bauxitpor oldási maradékát először 2,8 fajsúlyú bromoform-benzol, majd a 2,8-nál kisebb fajsúlyú részletet 2,7-es, s végül ennek 2,7-nél kisebb fajsúlyú részletét pedig 2,6-os fajsúlyú elegyben centrifugáltam. Az eredmények a következők :

I.

$> 2{,}8$ 0,34%	$< 2{,}7$ 99,74%	$< 2{,}7 > 2{,}6$ ... 101,09%
$< 2{,}8$ 99,48	$> 2{,}7 < 2{,}8$ ... 0,58	$< 2{,}6$ 0,30
Összesen 99,82%	Összesen 100,32%	Összesen ... 101,39%

* Sajnos, *Roskova* érdekes munkái csak hézagosan álltak rendelkezésemre.

Egy 20%-os HCl-ben ugyancsak az előbbi módon kezelt anyag centrifugálási eredménye a következő.

II.

$> 2,8$ . . . . . 0 52%.	$> 2,6 < 2,8$ 100,20%
$< 2,8$ 100,47	$< 2,6$ 0,40
Összesen 100,99%	Összesen 100,60%

Amint különösen az I. centrifugálás eredményeiből kiderül, a bauxit zömének fajsúlya tényleg szűk intervallumhatárok közé esik.

A nyers bauxit beágyazásos fénytörési vizsgálatában a vasas allit anyaga a bőhmit γ-jánál is nagyobb fénytörésűnek bizonyult, amennyiben 1,670 körül adódott. E jelenséget ismeretesen főleg az allitos tömegeket átitató vastartalmú anyag okozza. Az optikai vizsgálat céljából ezért szükségessé vált a bauxit lehető vastalanítása. Ezt kezdetben 5, majd 10%-os oxálsavban vízfürdőn való főzéssel igyekeztem elérni, de ennél sokkal célravezetőbbnek bizonyult a *Roskova* által is használt főzéses sósavas oldás. Végeztem tájékoztató kísérleteket 5, 10 és 20%-os sósavval lefedetlen edényben, s ezek alapján a meghatározó munka szempontjából, mint legmegfelelőbbnél, a 20%-osnál kötöttem ki. A sósavval igen nagymértékben vastalanított próbák allitos tömegeit a szokásos módon a beágyazásos módszerrel vizsgálva, fénytörésben gyakorlatilag egységes viselkedésűeknek találtam. Említésre érdemes továbbá, hogy a megvizsgált minták allitos tömegei optikailag izotrópnak mutatkoztak, ami ellentétben áll alkotó ásványaik elég jelentős kettőstörésével (0,019 a hidrargillit és 0,016 a bőhmit esetében). Figyelembevéve ezt, valamint a fajsúlyban és fénytörésben mutatkozó erős egységességet, s egyben *Roskova* megállapításaira is támaszkodva, fel kellett tételeznünk, hogy a bauxitban a bőhmit és a hidrargillit olyan finom eloszlású rendezetlenségben keveredett egymással, hogy a szokásos porítással elérhető aprításban a vastalanított próbákban keverékük gyakorlatilag egységes fajsúlyúnak, kvázihomogénnak, s optikailag egységes fénytörésűnek és kváziizotrópnak mutatkozik. E feltevésből fakadt ezután az a gondolat, vajjon nem lehetne-e még szűkebben elhatárolni az anyag fajsúlyát, valamint fénytörését pl. a *Roskova* használta intervallumoknál. Amint a további vizsgálatok során, ahol a szétválasztásra használt folyadékok fajsúlyintervallumai csak mintegy 0,03, a fénytörés meghatározására használt beágyazó folyadékok fénytörésintervallumai pedig 0,003—0,004 nagyok voltak, ez a feltevés be is bizonyosodott: a vastalanított bauxitpróbák allitos tömegeinek fajsúlyát és fénytörését gyakorlatilag tényleg ilyen szűk intervallumokba lehetett fogni.

Az allitos agyagásványok kvantitatív tömegviszonyának megállapítása ismeretesen nem könnyű feladat. Következtetni lehet rá a kémiai elemzések átszámításából, az izzítási görbe alakjából, továbbá röntgenvizsgálatokra s differenciális termikus analízisre támaszkodva. Elektronmikroszkóp is használ-

ható. Egyszerű fajsúly- és fénytörési vizsgálatok úgy, amint ezeket *Roskova* használja, szintén bizonyos segítséget jelentenek. Ez utóbbi úton továbbhaladva, s a feltűnő kvázihomogén és kváziizotróp viselkedésre támaszkodva, nézetünk szerint azonban sok esetben az eddiginél pontosabb meghatározások is lehetségesek. Főcélom, az iszkaszentgyörgyi hidrargillit- és bőhmittartalmú bauxit esetében a két allit-ásvány térfogat-, illetve súlyszázalékos arányának megállapítása volt.

A különböző időn át azonos körülmények közt végzett vastalanító oldási kísérletekből kiderült, hogy minél tovább tartott az oldás, annál nagyobb fajsúlyúnak és fénytörésűnek bizonyultak az oldási maradékok: lényegében az allitos tömegek. E jelenség a bőhmit és a hidrargillit szelektív oldódására utal. Az eltérő oldhatóság miatt különböző oldási időtartamok oldási maradékában a két allit-ásvány aránya megváltozik, mégpedig a bőhmit javára. Ha ismert időtartamok oldási maradékaiban a bőhmitnek és a hidrargillitnek térfogat-, vagy súlyviszonyát kielégítő pontossággal meg tudjuk határozni — tekintettel az oldódás gyakorlati linearitására — mód kínálkozik arra, hogy a bauxit eredeti, vagyis nem vastalanított anyagának hidrargillit-bőhmit térfogat-, vagy súlyszázalékos arányát egyszerű módon és gyorsan, közelítő értékben megállapíthassuk. A különböző oldási maradékok bőhmit-hidrargillit arányaiból extrapolálható az eredeti arány.

Az e célra kidolgozott eljárás a következő: Agátmozsárban finoman porított bauxit 2—3 egyenlő mennyiségű próbáját azonos körülmények között vízfürdőn egyenlő mennyiségű 20%-os HCl-ben főzzük egymástól eltérő, de ismert időtartamokon át. Ha két próbát készítünk, akkor az egyiket ½, a másikat pedig 1 órán át oldjuk; harmadik próba esetében pedig ennek főzési ideje 1 és ½ óra lehet. Edényül 300 cm^3-es Erlenmeyer-lombikokat használhatunk. Kísérleteimben oldásra 3—3 gramm bauxitot használtam. A lombikba helyezett bauxitporra 200 cm^3 20%-os HCl-t öntve, s a próbát a sósavval enyhe rázással összekeverve, már forrásban levő vízfürdőre helyezzük a lombikot, a száját óraüveggel befedjük. A főzési idő alatt ilyen módon gyakorlati jelentőségű folyadékveszteség nincs. (A használt 20%-os HCl koncentrációja közel áll az izoazótikus ponthoz, tehát a koncentrációban sem állhat be lényeges változás.) Az oldási maradékról a főzés befejeztével, anyagveszteségre való tekintet nélkül, leöntjük a savat a fenékre hamarosan leülepedő maradékról. Ez utóbbit azután forró desztillált vízzel kimossuk, s az így savtalanított anyagból kiveszünk annyit, amennyi a centrifugálásokhoz és fénytörési vizsgálatokhoz szükséges, s ezt 60—70 C°-on megszárítjuk. Eljárhatunk azonban úgy is, hogy a főzés befejeztével rögtön kivesszük a vizsgálatokhoz szükséges anyagmennyiséget, s csak ezt mossuk ki és szárítjuk. Ez a munkamenet időmegtakarítással jár. Az eljárás kidolgozása során az oldás megfigyelése és bizonyos ellenőrzés szempontjából szűréssel egyelőre még az oldási maradék mennyiségét is meghatároztam. A szűrést azonban úgy intéztem, hogy minden esetben pontosan 36 perc

alatt ment át a sav teljesen a szűrőn, s ettől az időponttól kezdve már csak forró desztillált vízzel való gondos kimosás következett. Vagyis a szűrés közben a sav eltávolításáig eltelt idő ugyanaz lévén, az eközben bekövetkezett újabb oldás gyakorlatilag azonos körülmények közt játszódhatott le.

A megszárított oldási maradékból mintegy 0,06—0,07 gr-nyi mennyiségeket centrifugálunk ismert fajsúlyú folyadékokban 5 percen át dugóval zárt centrifugaedényekben. A használt folyadékok (kísérleteimben bromoform-benzolelegyek) fajsúlykülönbsége vizsgálataimban, amint említettem már, ~0,03 volt. A bőhmit és hidrargillit fajsúlyának ismeretében s a meghatározott átlagfajsúlyból azután megállapítható közelítően a két ásvány térfogataránya a keverékben. Az oldás és az idő összefüggését lineárisnak véve, ugyanis már két eltérő oldási időtartamú próba alapján is egyszerű extrapolálással nyerhető a két allitos ásvány közelítő térfogataránya a 0 időpontra, vagyis az eredeti állapotra. A térfogatarányokból szükség szerint a súlyarány is számítható. A hidrargillit térfogatszázalékát a keverékben x-el, a keverékfajsúlyt d_k-val jelölve, továbbá a bőhmit fajsúlyát 3,02-nek, a hidrargillitét pedig 2,4-nek véve (6), alábbi egyenlet alapján számítható az x:

$$2{,}4\,x + (100 - x)\,3{,}02 = 100\,d_k$$

$$x = \frac{302 - 100\,d_k}{0{,}62} \qquad (1)$$

s ebből a hidrargillit y súlyszázalékát pedig a

$$2{,}4\,x + 3{,}02\,(100 - x) : 100 = 2{,}4\,x : y \qquad (2)$$

arány alapján számíthatjuk. Vagyis megállapítva a leírt módon az egyes időtartamok oldási maradékában a két allit-ásvány térfogatszázalékát, ezekből akár számítással, akár grafikus módon megállapítható közelítően az ásványok eredeti térfogatszázalék aránya. Számítás helyett az 1. ábrán megadott fajsúlygrafikonból rögtön leolvashatjuk a mért d_k fajsúlyhoz tartozó térfogatszázalékarányt.

Az oldási maradékok fénytörésének megállapításával is célt érünk. A szokott beágyazásos módszer segítségével megállapítva a különböző időtartamok oldási maradékaiból az allitos tömegek fénytörését,[1] a bőhmit és a hidrargillit közepes fénytörésének ismeretében lehetséges a két allit-ásvány térfogat (s ebből súlyszázalék-)viszonyának a megállapítása. A bőhmit közepes fénytörését a *Mallard*-féle $\frac{\alpha+\beta+\gamma}{3}$ képletből, s a *Guy E.* és *Osborn E. F.* által egy mesterséges bőhmitkristályon meghatározott $\alpha = 1{,}649 \pm 0{,}001$, $\beta = 1{,}649 \pm 0{,}001$,

[1] Vizsgálataimban etilénbromidot, monojódbenzolt, monobrómnaftalint és jódmetilént használtam a beágyazó elegyek elkészítésére.

I. TÁBLÁZAT

Próba	Oldási idő perc	Oldási maradék súly-%	d_k ± 0,015	Hidrargillit		Bőhmit		n_k ± 0,002	Hidrargillit		Bőhmit		Vegyelemzésből			
				térfogat %	Súly %	térfogat %	Súly %		Térfogat %	Súly %	Térfogat %	Súly %	Hidrargillit		Böhmit	
													Térfogat %	Súly %	Térfogat %	Súly %
Eredeti bauxit	—	—	—	57,2	51,5	42,8	48,5	1,611	53,2	47,5	46,8	52,5	56,7	51,0	43,3	49,0
I.	30	59,30	2,72	48,4	42,7	51,6	57,3	1,621	41,3	35,8	58,7	64,2	49,7	44,0	50,3	56,0
II.	60	49,98	2,77	40,3	34,9	59,7	65,1	1,631	28,8	24,3	71,2	75,7	43,5	38,0	56,5	62,0
III.	90	42,35	2,83	30,7	26,0	69,3	74,0	1,641	17,5	14,4	82,5	85,6	35,7	30,0	64,3	70,0

$\gamma = 1{,}665 \pm 0{,}001$ főtörésmutatók alapján (7) $1{,}654 \pm 0{,}001$-nek, a hidrargillitét pedig a *Palache Ch., Berman H.* és *Frondel Cl.* megadta $\alpha = 1{,}568$, $\beta = 1{,}568$, $\gamma = 1{,}587$ főtörésmutatókból (8) 1,574-nek számíthattuk. x-szel jelölve a hidrargillit térfogatszázalékát, a két tiszta tag közepes fénytöréséből és a keverék mért n_k fénytöréséből (mint közepes fénytörésből) az ismert módon az

$$1{,}574\,x + 1{,}654\,(100 - x) = 100\,n_k \qquad (3)$$

egyenlet alapján számíthatók a térfogatszázalékok s ezekből a 2. arány szerint a súlyszázalékok. A 2. ábra tünteti fel a közepes törésmutató és a térfogatszázalék közötti összefüggés grafikonját, amelyből az allit-keverék mért *nk*-ja alapján a térfogatszázalékok közvetlenül leolvashatók.

Az 1. táblázatban foglaltam össze egy 30 perces, egy 60 perces és egy 90 perces oldási kísérletsorozat eredményeit. Az 1. jelű próba a 30, a 2. a 60, s a 3. pedig a 90 perces oldási maradék lényegében allitos tömegeire vonatkozik.

2. TÁBLÁZAT

	I.	II.	III.
SiO_2	4,62	6,61	7,67
TiO_2	3,67	5,12	5,34
Al_2O_3	69,30	68,12	68,49
Fe_2O_3	0,30	0,21	0,19
P_2O_5	0,17	ny.	ny.
Izz. veszt. (N-áramban)	21,48	19,76	18,12
Σ	99,54	99,82	99,81

(A 2. táblázatban közöljük a vegyelemzéseket is 105 C°-on szárított anyagra, a H_2O izzítási veszteség N-áramban). Az oldási maradékokat szűréssel e próbákban meghatároztam még, pontosan 36 perc alatt mindegyik próba gyakorlatilag már savmentes volt. (Az 1. táblázat közli az oldási maradékok százalékos mennyiségét is.[2]) Egyébként külön próbában megállapítottam a 36 perc alatt beálló oldás hatását is úgy, hogy a főzés befejeztével rögtön kivett és kimosott próba fajsúlyát és fénytörését meghatároztam. A fajsúlyban — 0,01, a fénytörésben pedig —0,001 eltérés mutatkozott. Ezt a változást mindhárom próba esetében figyelembevettem. A táblázat az egyes próbák vegyelemzéséből számított súly- és térfogatszázalékokat is adja összehasonlításul. A táblázatban megtaláljuk a centrifugálási és a fénytörési vizsgálatok eredményei alapján megállapítható térfogat- és súlyszázalékokat, valamint a térfogatszázalékok alapján az eredeti

* Szűrőpapírváltozásból eredő korrekciótól eltekinthetünk, mert az abból eredő eltérés vizsgálataink szerint az 1%-ot nem haladja meg. A lehetőleg azonos körülmények közt történő oldás maradékai között legfeljebb 2% az eltérés.

bauxitra extrapolációval számítható bőhmit-hidrargillit arányt (együttes térfogatukat, illetve súlyukat mindenkor 100%-nak véve). Az eredményeket a 3. rajzban ábrázoltuk is. A táblázatokban megadott értékek egy tizedesig számítottak, a gyakorlatban azonban ettől eltekinthetünk, mert ilyen pontosság nem érhető el (v. ö. az oldási maradék hibahatárával). A fajsúlymeghatározásokban használt 0,003 folyadék- fajsúlyintervallum s a fénytörésmeghatározásokban használt 0,004 egyaránt $\pm$2,5% hibahatárt ad. A fénytörésmeghatározásban gyakorlattal azonban a megadottnál nagyobb pontosság is elérhető.

Egybevetve a fajsúlymeghatározásból és a fénytörés-mérésből származó eredményeket a vegyelemzésekből számítottakkal, azt látjuk, hogy az első két eljárás általánosságban nagyobb bőhmitmennyiséget ad az utóbbinál. Ennek okát vizsgálva, ezt természetesnek is tarthatjuk, mert az allitos tömegekben bizonyos titánszennyezéssel számolhatunk, ez pedig kissé megemelheti egyrészt a fajsúlyt, másrészt pedig a közepes fénytörést. Titánásványt parányi *rutil* és *ilmenit* alakjában önállóan is találtunk ugyan a bauxitban, a mintegy 3% TiO_2 egy részét azonban minden valószínűséggel mégis az allitos tömegekben kell keresnünk. Hogy milyen formában van ez a titán jelen, azt eddig még nem sikerült megállapítanom. Az egyes mintákról készült röntgenpordiagrammokból sem sikerült erre vonatkozóan közelebbit megtudni. A titánásványok legismertebbjeinek fajsúlya 3,8—4 körül van. Az elemzések tanusága szerint az oldás során lényegesebb titánveszteség általában nincs, ami azt jelenti, hogy az allitos tömegek fajsúlya az esetben, ha a titán e tömegek felépítésében szerepel, a bőhmit viszonylagos dúsulásából várhatónál az oldási idő növekedésével nő. A kísérleti eredmények szerint a fajsúlynak a titánnal kapcsolatba hozható megemelése azonban nem jelentős, hidrargillitben igen dús bauxitban okozhat csak kissé nagyobb eltérést.

A kovasav szerepéről is kell szólnunk. A vegyelemzések tanusága szerint az oldás előrehaladtával mennyisége gyakorlatilag lineárisan nő, vagyis jelentősebb oldódás nincs. A kovasav egy része megállapíthatóan az allitos tömegektől jól elkülönülő kvarcban van [igen érdekesek *Gedeon Tihamér*nak a bauxitok kvarc- és összkovasavviszonyára vonatkozó vizsgálatai (6)]. Ennek az SiO_2-nek természetesen fajsúlyváltoztató hatása az allitos tömegekre nincsen. Egy rész, ha esetleg mégis szennyezésként szerepelne is az allitos tömegek összetételében, tekintve, hogy fajsúlya a hidrargillité és a bőhmité közé esik, kisebb mennyiség esetében jelentős eltérést nem okozhat. Ha pedig amorf, opáljellegű a kovasav, minthogy ennek fajsúlya közel áll a hidrargillitéhez kisebb mennyiségben való jelenléte ugyancsak nem vezet igen jelentős eltérésre. Ha tisztán bőhmitből álló allitos anyagot szennyez amorf kovasav, akkor lesz hatása a legnagyobb. 1% opálanyag a fajsúlyt ez esetben mintegy 0,01-el csökkenti. Figyelembevéve végül azonban azt, hogy a titán és a kovasav ellentétes hatású a fajsúlyérték kialakításában, együttes felléptük esetén bizonyosmérvű kiegyenlítődés következik be.

Ugyanígy vagyunk a fénytöréssel kapcsolatos meghatározások esetében is, azzal a különbséggel, hogy itt a *Ti*-nak az allitos keverékben feltételezhető jelenlétét zavaróbbnak ítélhetjük, mint a fajsúlyszerinti meghatározásban. *Ti* jelenléte nyilvánvalóan emeli a fénytörést, hiszen a titánvegyületek általában erősen fénytörők. A végzett kisérletek alapján becsülve egy súlyszázalék TiO_2 a bauxitban mintegy 0,002-vel emelte a közepes törésmutatót.

A kovasav egy részét, amint említettük, az allitos tömegektől független kvarcban kell keresnünk, s csak egy része lehet az allitos keverékben. Az amorf kovasav fénytörést zavaró hatása tiszta bőhmit esetében a legnagyobb. 1 vol. % 1,45-ös fénytörésű opálból és 99 vol. % bőhmitből álló allitkeveréket véve figyelembe, a bőhmit 1,654 közepes törésmutatója helyett 1,652-t, tehát csupán 0,002-vel kevesebbet kapunk. Ebből megítélhető, hogy kisebb kovasavszennyezésnek a fénytöréses módszerrel történő meghatározásában, mint zavaró anyagnak, nagyobb jelentősége nincs. Kaolinszennyezés hatását egyelőre még nem vizsgáltam. Megjegyzem, hogy az eljárás gyenge kaolinszennyezés esetén is elég jól használható, nagyobb esetében pedig jelenlétének figyelembevételével kidolgozható. (2 anyagprobléma helyett 3 anyagprobléma).

A két eljárás használhatóságának bizonyosfokú ellenőrzésére izzítási görbéket, differenciális termikus- és röntgen-felvételeket is felhasználtam. Az izzítási görbéket *Hauer Alfréd* készítette el. A termikus differenciális görbéket *Földváriné Vogl Mária*, a röntgen-felvételeket pedig *Nemetz Ernő* vette fel az általam előkészített próbákon, s felvételeiket értelmezték is. Lekötelező segítségükért mindannyiuknak köszönettel tartozom. A 4. ábrán az *A*-görbe az eredeti, nem vastalanított bauxit izzítási görbéje. Az eredeti bauxitban a hidrargillit és a bőhmit 56,7 : 43,3 térfogatszázalékos, illetve 51,0 : 49,0 súlyszázalékos aránnyal adható meg. A *B*-görbe pedig egy 60 percen át 20%-os HCl-el vízfürdőn befedetlen porcelántálban végzett oldás maradékáé. Ennek fajsúlyát 2,76-nak mértem. Ez adat alapján a hidrargillit-bőhmit térfogatszázalékarányát 41,9 : 58,1-nek, súlyszázalékát pedig 36,5 : 63,5-nek számítottam. E görbe alakjából világosan felismerhető a hidrargillit-bőhmitaránynak a bőhmit javára való jelentős eltolódása a nyers bauxithoz viszonyítva.

A differenciális termikus analízisre három próba görbéjét közöljük. Ezeket az 5. rajzban láthatjuk. Az I. az eredeti bauxitból, a II. egy 30 perces, a III. pedig egy 60 perces 200 cm^3 20%-os HCl-el való vastalanító főzéssel még befedetlen edényben nyert szűrt oldási maradékon készült. A III. számú próbának csak a 2,8-nál kisebb frakcióját használtuk fel. E minta centrifugálási eredményét a bevezető rész II. összeállítása adja. Amint ebből kiderül, az anyagnak közel 100%-a bizonyult 2,8-nál kisebb fajsúlyúnak.

A 3 differenciális termikus görbe világosan mutatja, hogy az oldás előrehaladtával a két allit-ásvány aránya a hidrargillit rovására mindjobban eltolódik. Mindegyik görbén élesen feltűnik 350° C körül a hidrargillit, 560° C körül pedig a bőhmit jellegzetes endoterm csúcsa. Az I. és a II. görbén 420° C táján egy

exoterm csúcs is jelentkezett, amely organikus szennyezésre utal. Kaolin vagy egyéb szennyezést (nyomokat természetesen nem érez meg ez a módszer) a görbék nem jeleznek. A II. próba fajsúlyát 2,71-nek a III.-ét pedig 2,74-nek találtuk. Ez értékek alapján a II.-ben a hidrargillit és a bőhmit térfogatszázalékos arányát 51,7 : 48,3-nak, a súlyszázalékost pedig 45,9 : 54,1-nek, a III.-ban pedig az előbbit 45,2 : 54,8-nak, az utóbbit pedig 39,7 : 60,3-nek számíthattam. Az I. jelzésű eredeti bauxitban a két arány pedig a vegyelemzésekből számítva 56,7 : 43,3, illetve 51,0 : 49,0. A differenciális termikus görbék e megállapításokkal szemmelláthatólag összhangban vannak.

Végül még két Debye-Scherrer felvételt mutatunk be a 6. képen. Az *A*-próba egy 30 perces, a IX-próba pedig egy 90 perces 20%-os HCl-ben vízfürdőn főzött és szűrt oldási maradékon készült. (Az edény nem volt befedve, a lefőtt folyadékot 15 percenként 20%-os sav hozzáadásával pótoltuk). Az *A*-fajsúlyát 2,72-nek, a *IX*-ét pedig 2,79-nek találtuk. Az *A*-próba hidrargillit-bőhmit térfogatszázalékarányát ebből 48,4 : 51,6-nak, súlyszázalékát 42,7 : 57,3-nak, *IX*-ét pedig 37,1 : 62,9-nek, illetve 31,9 : 68,1-nek számíthattuk. Mindkét felvételen a hidrargillit és a bőhmit számos vonala szerepel. A felvételek CuK$\alpha\beta$ sugárzással és 10μ-os Al-foliával készültek. A két minta kiértékelését a 3. táblázat tartalmazza. Az összeállításból kitűnik az is, hogy egy-két vonal meghatározása eddig még nem sikerült. Ezek közül különösen a 6,13 Å jelentős. Kvantitatív kiértékelésű röntgen-vizsgálatokat eddig még nem végeztünk.

A vizsgált bauxit ásványai. A *hidrargilliten* és a *bőhmiten* kívül még több ásványt határozhattunk meg. Xenomorf kis *karbonátszemek kalcit*nak tarthatók. Mért nagyságok: 3×10μ, 7×7μ, 7×13μ, 10×10μ, 10×12μ, 10×26μ, 11×13μ, 13×25μ, 30×30μ.

Xenomorf *kvarc* is van. Akad köztük hullámos kioltású egyén is. Mért nagyságok: 10×33μ, 17×33μ, 17×36μ, 23×46μ, 23×40μ, 87×104μ, 104×190μ.

Apró, általában eléggé, sőt néha szépen idiomorf *turmalin*szemecskék is akadnak. A turmalin pleokroizmusa: ε = igen halványsárga, ω = borsóbarna, $\omega > \varepsilon$. Mért nagyságok: 10×10μ, 10×27μ, 12×17μ.

Néhány parányi színtelen *cirkon* megfigyelhető. Általában egyénei xenomorfok, de akad idiomorf is. Mért nagyságok: 7×17μ, 20×30μ.

Egy-két elliptikus alakú, sárgásbarna *rutil*szem is feltűnik. Pleokroizmus nem észlelhető. Mért nagyságok: 7×8μ, 10×30μ, 30×46μ.

Nyomokban színtelen *klorit*ra emlékeztető, csillámos hasadású, csillámszerűen hullámos kioltású, igen halvány sárgásszínű + főzónajellegű és egyenes kioltású ásvány is van. *Kifakult csillám* vagy inkább *színtelen klorit* lehet. Sajnos, a HCl-el kezelt anyagból került elő. Nem tudom, hogy a sav hatása nem érvényesült-e a fakításban.

Egy-két parányi, színtelen, xenomorf *gránát*szemecskét is láttam. Mért nagyságok: 2×2μ, 4×4μ, 7×14μ, 14×28μ.

3. TÁBLÁZAT

A minta				IX. minta			
	sin Θ	d_{hkl}			sin Θ	d_{hkl}	
7,21°	0,12550	6,13 Å	?	7,21°	0,12550	6,13 Å	?
8,15	14176	5,43	B	8,15	14176	5,43	B
9,18	15953	4,82	H	9,18	15953	4,82	H
10,22	17742	4,33	H	10,22	17742	4,33	H
12,54	21712	3,54	H	12,59	21797	3,53	H
14,03	24243	3,17	B?	14,06	24293	3,17	B?
17,37	29854	2,58	?	17,23	29620	2,599	?
18,34	31465	2,447	B, H	18,26	31333	2,457	B, H
19,13	32771	2,349	H	—	—	—	—
20,08	34333	2,242	H	—	—	—	—
20,80	35510	2,168	B	—	—	—	—
—	—	—	—	21,17	36113	2,132	B
21,95	37379	2,059	H, B	22,07	37573	2,049	H, B
22,91	38928	1,978	H	22,90	38912	1,978	H
24,47	41421	1,858	H?	24,50	41469	1,856	H?
25,36	42830	1,797	B	25,36	42830	1,797	B
26,05	43915	1,753	?	26,0	43837	1,756	?
27,41	46035	1,672	H?	27,54	46236	1,665	H
28,72	48053	1,602	H	—	—	—	—
30,26	50392	1,528	H, B	30,30	50452	1,526	H, B
31,20	51802	1,486	H	31,32	51832	1,485	H
32,08	53110	1,449	H, B	32,05	53065	1,451	H, B
33,16	54697	1,407	B	33,33	54946	1,401	B
33,78	55600	1,384	B	33,78	55600	1,384	B
36,01	58792	1,309	H	36,00	58792	1,309	H
38,62	62415	1,233	?	—	—	—	—
40,83	65381	1,168	B	39,53	63648	1,209	B
41,64	66444	1,158	B	41,63	66431	1,159	B
42,78	67918	1,133	B	42,68	67790	1,135	B
43,61	68974	1,116	B	—	—	—	—
—	—	—	—	47,33	73527	1,047	B
—	—	—	—	48,61	75022	1,026	B
etc.	etc.	etc.		etc.	etc.	etc.	

Nem túlságosan ritkák apró, ráeső fényben fekete *ércszemecskék*. Mágnes nem vonzza ez ércásványt. Általában egyénei xenomorfok, néha azonban lemezes-léces kifejlődés is mutatkozik rajtuk. 20%-os HCl-ben főzve nem oldódnak. *Ilmenit*nek tartom az ércásványt. Mért nagyságok : $8\times10\mu$, $10\times13\mu$, $10\times16\mu$, $42\times69\mu$, $70\times86\mu$, $104\times104\mu$, $121\times173\mu$.

Az allitos tömegekben (HCl-es főzés után) helyenként végtelen parányi, fekete *pigment*szemecskék láthatók. Nagyságuk $0{,}3\mu$ körül van. Kivételesen azonban kissé nagyobbacskák is megfigyelhetők. Két ilyen nagyobbacska egyént $1\times2\mu$ és $3\times6\mu$-nak mértem. Valószínűleg ezek is *ilmenit*ek lesznek.

A HCl-el kezelt allitos tömegekben továbbá még parányi rókabarnaveres, nagy nagyítással ráeső fényben barnaszínű foltocskák is láthatók helyenként. Nem ritkán opak, vagy inkább közel opak-magjuk van. Közelebbi meghatározásuk parányiságuk miatt nem lehetséges.

A bauxit kemény barna *oolitjai* vasas anyagának HCl-ben való gyors oldhatósága vashidrátos jelleg mellett szól. A H_2O megoszlására vonatkozó számítások szerint is vashidrát jelenlétére következtethetünk. Ez oolitok vastartalmának 20%-os sósavban félórás főzéssel való kioldása után visszamaradt kifehéredett allitos tömeg fénytörése alapján hidrargillitdúsabbnak volt számítható, mint az átlagbauxitból hasonló körülmények közt nyert oldási maradék. A mért 1,615 közepes törésmutatóból ugyanis 48,8 térfogatszázalék, illetve 43,1 súlyszázalék hidrargillitet számíthattunk, szemben az átlagpróba 41,3 térfogatszázalékával, illetve 35,8 súlyszázalékával. Ez azonban nem mondja azt, hogy eredeti állapotban is ilyen volt a viszony a kettő közt.

IRODALOM:

1. *Vadász Elemér:* Alunit a magyarországi bauxitelőfordulásokban. Földt. Közl. 1943. *73.* 169—179.

2. *Vadász Elemér:* A magyar bauxitelőfordulások földtani alkata. Földt. Int. Évkönyve. 1946. *37.* 173—286.

3. *Náray-Szabó István* és *Neugebauer Jenő:* Magyar bauxitok röntgenvizsgálata. Technika, 1944. *25.* 259—262.

4. *Roskova V. V.:* Magyar bauxitok vizsgálata. Kézirat.

5. *Roskova V. V.:* Mineralogy and formation of the Paleozoic bauxites and Fe—Al ores of the Urals: Trans. All. Union Sci. Research Inst. Econ. Minerals, No. 111. pp. 145—204, 205—216.

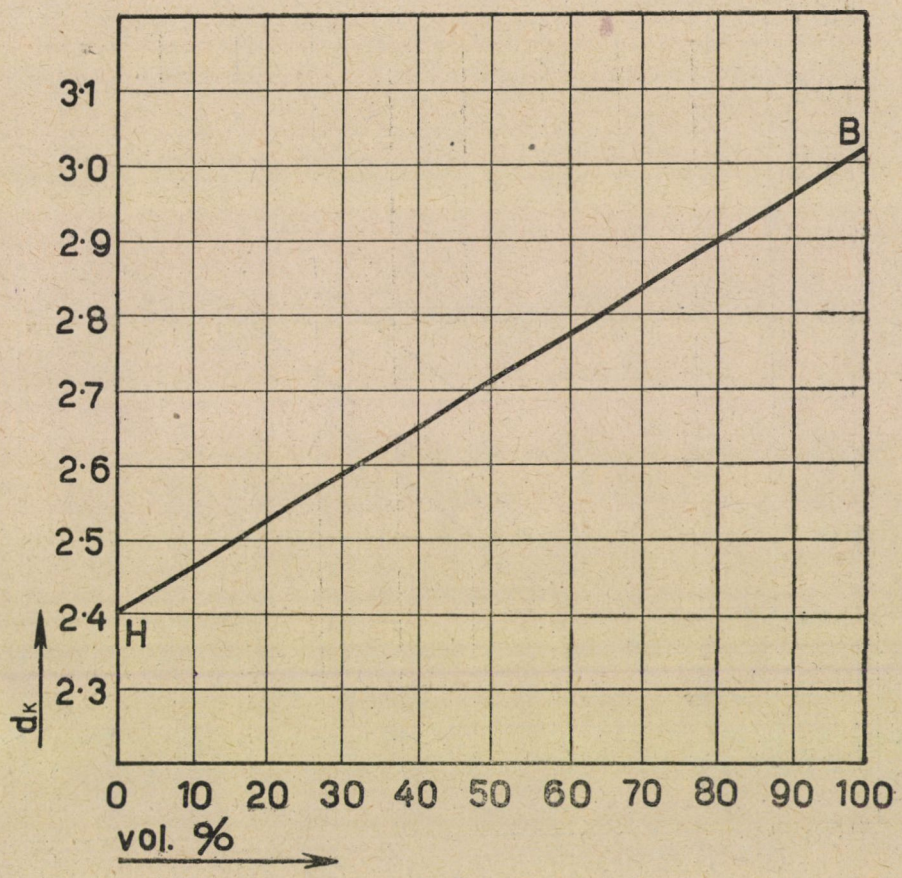
6. *Gedeon Tihamér:* A magyar bauxit járulékos elegyrészeiről. Magyar Chemiai Folyóirat. 1932. *38.* 134—140.

7. *Guy E. — Osborn E. F.:* The System $Al_2O_3—H_2O$. Journ. of Geol. 1951. *59.* 381—394.

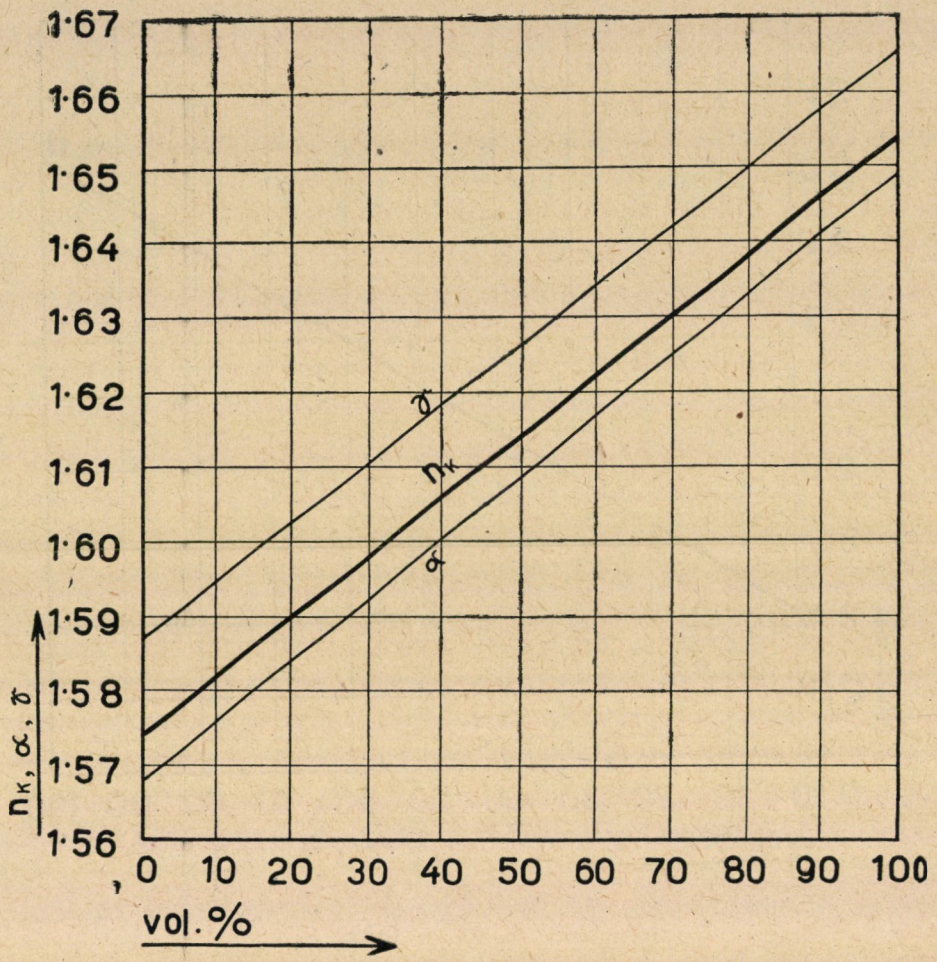
8. *Palache, Ch. Berman H., Frondel Cl.:* The system of mineralogy of James Dwight Dana and Edward Salisbury Dana, 7 th ed, New-York, John Wiley Sons, Inc. 1944.

Az előadáshoz hozzászólt:

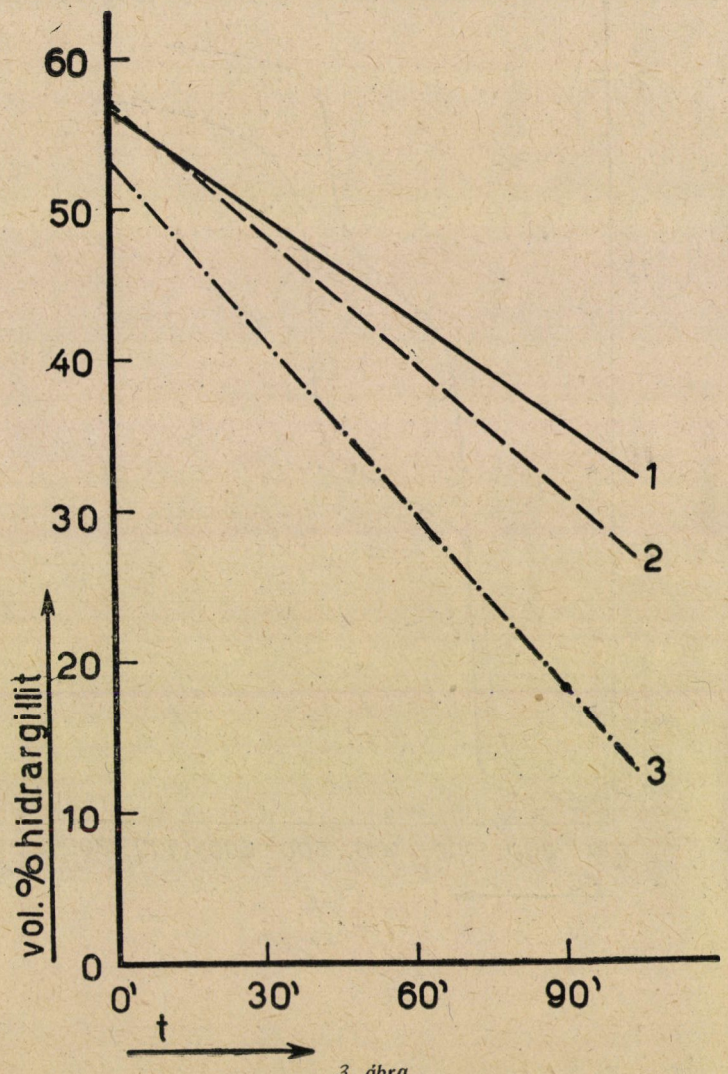
CSAJÁGHY G., FÖLDVÁRI ALADÁRNÉ,
GEDEON T., TOKODY L.



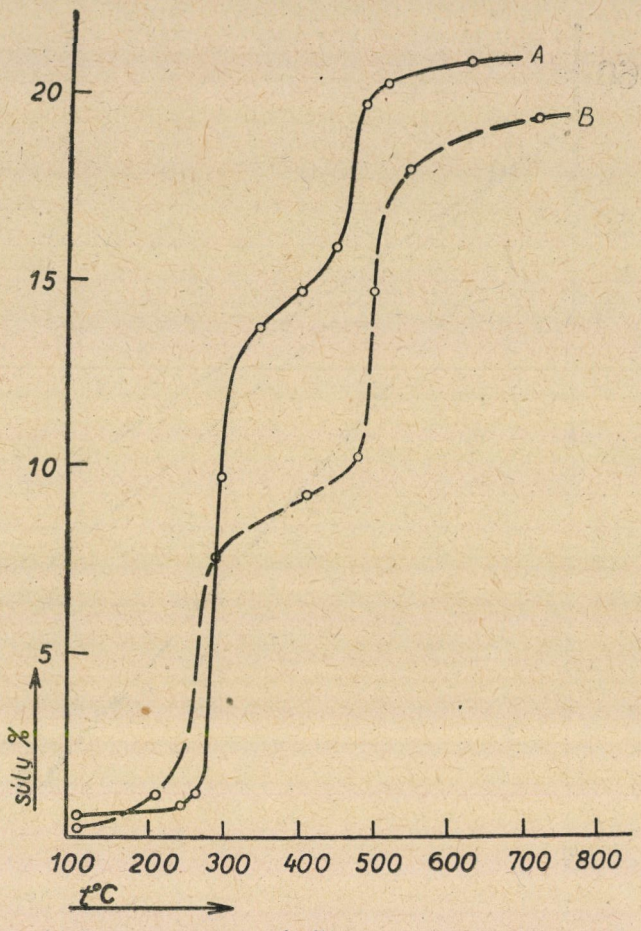
1. ábra


1·67
1·66
1·65
1·64
1·63
1·62
1·61
1·60
1·59
1·58
1·57
1·56
n_K, α, σ
0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100
vol.%
σ
n_K
α

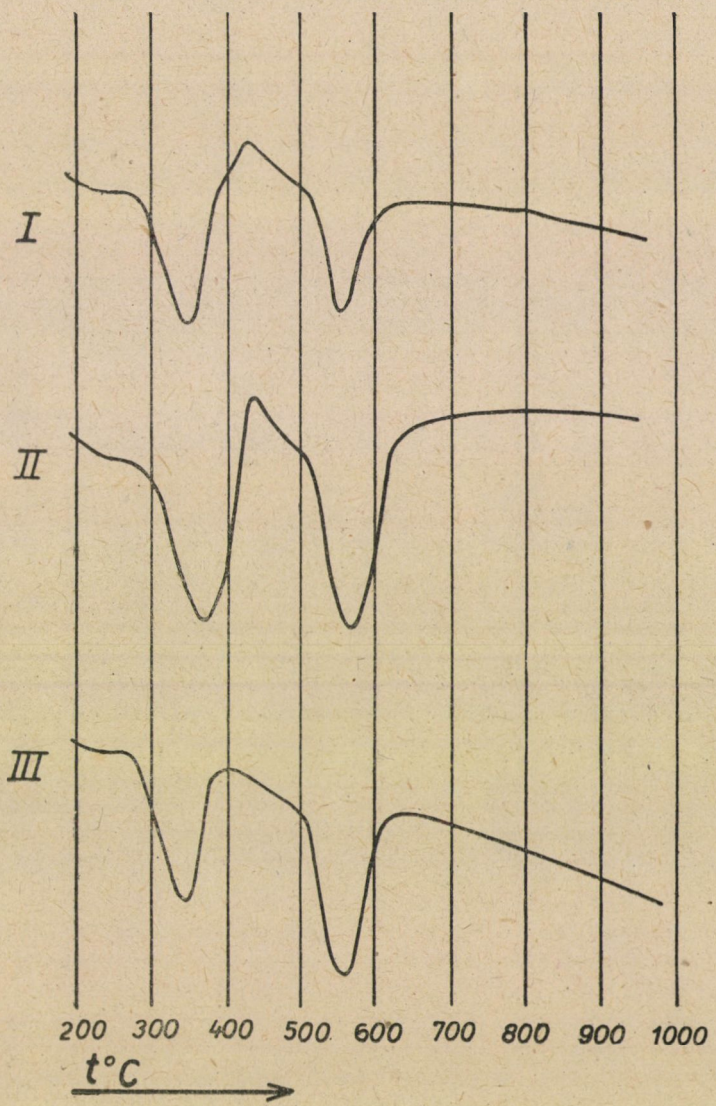
2. ábra



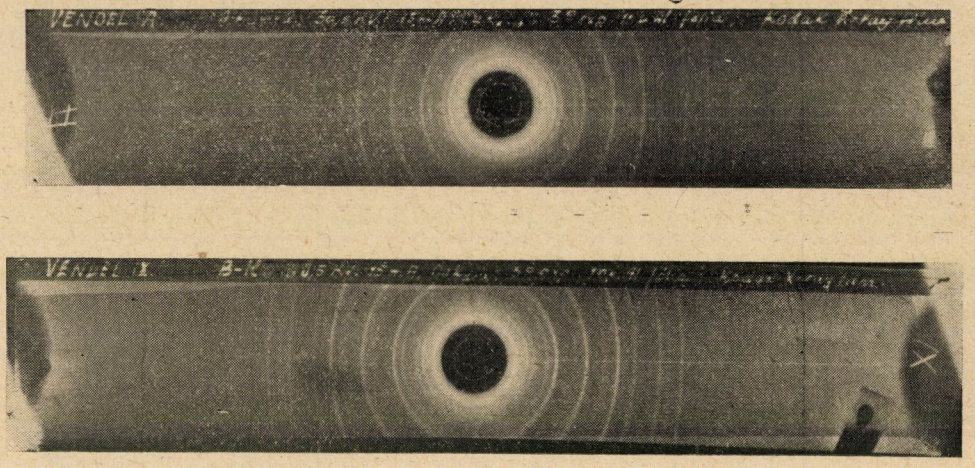
3. ábra



4. ábra



5. ábra



6. ábra

ELNÖKI ZÁRÓBESZÉD

VADÁSZ ELEMÉR

Mélyen tisztelt Akadémiai Osztályszakülés.

Az Akadémia Földtani Bizottság keretében végzett nagygyűlési munkánk végetért. Röviden tekintsünk vissza annak eredményeire. Teljes kiértékeléséről itt nem lehet szó, mert azt egyrészt mindannyian elsősorban munkahelyünkön, az itt szerzett benyomások és tapasztalatok érvényrejuttatásával végezzük, másrészt mert további teendőink céljából szükséges érdemleges értékelés a Földtani Bizottság elé tartozik. Ez is rövidesen megtörténik.

Elhangzott itt részünkről 16 előadás, amelyekhez tárgyszerűen és méltóan *Leutwein* professzor két előadása csatlakozott. Valamennyi előadás kitűzött célunknak megfelelően összefoglaló, nagyvonalú, igen sok új eredményt jelentő és további munkánk menetére igen sok új gondolatot vetett fel, új vizsgálati irányok és módok kívánalmával és szükségességével. Tárgyköreink az érc-, kőszén- és olajföldtan területén ötéves tervünk keretéhez igazodtak, de ezzel kapcsolatban lényegében a legkorszerűbb tudományos szemlélettel Magyarország földtanának egészét érzékeltették. A részmunka kiváló elvégzésével az egésznek megismerését jelentősen előbbrevittük.

A tárgykörök részletezésére felesleges visszatérnünk. Az egyes előadásokhoz fűződő hozzászólásokban és összegezésekben esetről-esetre ez úgyis megtörtént, személyi vonatkozásban is. Ki kell emelnem mégis az ércképződéssel kapcsolatos vitát, mint a plutónizmus és vulkanizmus közötti harcot, ami most a dialektikus egység megvilágításában a Szovjetunió földtani tervében is jelentős szerepet kapott. Az előadásaink teljes biztosítékot adnak arra, hogy ebben a kérdésben a nálunk érthető módon eddig megmerevedett vulkanista szemlélet némi engedményre kényszerül.

Olajkutatásunk területén elsőízben volt alkalmunk országos viszonylatú nagyobb távlatú összefoglalásban, az errevonatkozó kérdéseket felmérni. Az ekörül kialakult vitába olajgeológusaink törzsgárdáján kívül, új szellemben nevelt fiatal kartársaink is érdemlegesen bekapcsolódtak.

Nagyjelentőségű új tudományos vizsgálati eredmények adódtak a geokémia köréből, amelynek újszerű alkalmazása is megindult és a kifejlesztés alatt álló Geokémia-Földtani Akadémiai Kutatóintézet feladata lesz.

Az ülésszak során külön kiemeltük kőzeteink radiológiai vizsgálatára vonatkozó eredményeinket, amelyek különösen hazai kőszénfajtáink vizsgálatában, *Szalay Sándor* és *Földvári Aladár* szerény eszközökkel indult munkamódszerével olyan teljesítményt hozott, *ami határozottan az ötéves terv befejezésének minősíthető.* Erre a tényre itt különösen fel kell hívnom Akadémiánk figyelmét.

Kőszénterületeinkre vonatkozó munkaszerveződések legjobban előkészített irányban haladnak a komplex vizsgálatok kiteljesítése felé.

Általánosságban is megállapíthatjuk, hogy előadássorozatunk színvonala érzékeltette a munkaegyüttesek eredményeit. Szaktársaink legnagyobb része tisztában van ennek előnyeivel és szükségességével. Osztályülésünkön reá kellett mutatnom azonban arra, hogy még vannak köztünk elszigetelődők, elzárkózottak egyéni utakon botladozók és a multak negatív eredményein révedezők. Vannak még a konzervatív multban rögzítődöttek is. Magukra vessenek, ha lemaradtak.

Hibáink és hiányaink vizsgálatában osztályülésünkön szóvá tettem az »én« személyes előtérbetolásának hibáját. Ülésszakunkon néhányszor szintén kiütközött ez is. Iparkodjunk önkritikával leküzdeni és magunk túlértékelését mellőzve bevárni míg a mindnyájunkat megillető és mindenkinek kijáró értékelés és elismerés kívülről megtörténhetik. Mert ebben a vonatkozásban népi demokráciánk soha nem tapasztalt módon gondoskodik rólunk. Akadémiai Bizottságunk is mindnyájunk teljesítményét figyelemmel kíséri és kellően értékeli. Szükségtelen különböző álteljesítményekkel egyéni mellékutakon nyüzsögni.

Munkateljesítményünk elbírálásában jelentős szerepe van az időtényezőnek. Ülésszakunkon elhangzott előadásokon kisebb tárgyi hibák, tévedések és főként kifejezés és nevezéktani egyenlőtlenségek voltak. Ezek kiküszöbölését és egységesítését szolgálja a szövegek lektorálása. Ennek előfeltétele azonban, hogy a kéziratok kellő időben elkészüljenek, másrészt, hogy a rítkább esetben időben beérkezett kéziratok lektorálását a szerzők és előadók figyelembe vegyék. Ne szégyeljenek tanulni élenjáró tudósaink se, mégha kitűnő előadók is.

Megelégedéssel állapíthatjuk meg, hogy egy-két előbb említett, a multba lehorgonyzott kartársunktól eltekíntve, ülésszakunkon örvendetes haladást tapasztaltunk a dialektikus-materialista módszer és a marxista-leninista szemlélet elsajátításában is. Ez a szükséges és továbbhaladást igénylő szemlélet, mint több alkalommal hangoztatjuk, lényeges kelléke a földtani gondolkodásnak, attól elválaszthatatlan. Nem jelent tehát részünkre külön megterhelést, de ha igy volna is, *Sztálin* nyomán valljuk, hogy ez a többletmunka búsásan kamatozik tudományos munkateljesítményünkben.

Szólnom kell még ülésszakunk szervezési kérdéseiről is. Egyik-másik előadás lényegesen meghaladta a legmagasabbnak megszabott egy órát is. Ez érthető és a kérdések nagyjelentőségű összesítéséből következik. Mégis jövő tanulságul adódik ebből, hogy egy-egy ilyen kérdést a jövőben külön akadémiai ülésen, esetleg több napra terjedő megvitatással kell megtárgyalni. Mostani hozzászólásaink többnyire fegyelmezett, szabályozott keretben történ-

tek. Azon túlmenően azonban kevés közvetlen hozzászólás volt, aminek főoka nyilvánvalóan az időhiány. A sok hozzászólás mindig a tárgytól való elkalandozás és mellébeszélés veszélyével jár, amitől így mentesülhettünk.

Az ülésszakon felvetődött sok új feladat, kérdés és gondolat értékelésével az Akadémiai Bizottság érdemlegesen foglalkozni fog. Már itt jelezhetjük, hogy egyes kérdéseket a Földtani Társulat körébe utalunk.

Végeredményben megnyugvással állapíthatjuk meg, hogy ülésszakunk Akadémiánk egészére vonatkozóan is elsőhelyen álló munkát végzett, tudományos értékben és mennyiségben egyaránt. Köszönjük ezt megértő és mindenben egyetértő munkatársainknak, akik tudományunknak a népgazdaság érdekében végzendő feladatai és kötelezettségeinek teljes tudatában végzik munkájukat s egyben az Akadémia tudományos célkitűzéseit is szem előtt tartják. Ötéves tervünk kívánalmait ipari célkutatásaink szolgáltatják. Távolabbi terveket és kutatási irányokat, jövőt szolgáló tudományos elméleti eredményeink adják. Ha kifelé nem dolgozunk is nagy dobbal és görögtűzzel, ha mai akadémiai helyzetünkből következően látszólag kellő megértésre vagy méltánylásra nem találnánk is, jó munkánk értékelését jelentse az a felemelő tudatunk, hogy Népi Demokráciánknak nem vagyunk adósai. A nekünk juttatott nagy munkalehetőségekért, tudományos munkánkat elősegítő anyagi juttatásokért becsületes céltudatos jó munkával megfizetünk.

Hibáinkat, hiányainkat, felismertük, azok javításával fejlődni fogunk. Munkaeszközeinket, munkamódszereinket is fejlesztjük és ezzel elősegítjük szocialista országépítésünket. Akadémiai Ülésszakunkat az Egyetemi Földtani Intézetnek azzal a meggyőződésünkké vált jelszavával zárom, hogy ilyen munkával »A geológus-kalapács fegyver a béke szolgálatában«.

TARTALOMJEGYZÉK

Vadász Elemér: Elnöki megnyitó 1
Balogh Kálmán: A rudabányai vasércvonulat hegységszerkezete. 3
Földvári Aladár: Rádióaktív anyagok geokémiája a Mecsekhegységben 11
Földvári Aladár: A szabadbattyáni ólomérc és kövületes karbonelőfordulás 25
Földváriné Vogl Mária: Magyar bauxitfajták ásványos összetételének vizsgálata differenciális termikus elemzéssel 55
Jantsky Béla: A velencei-hegység hidrotermális ércesedése 69
Kertai György: A magyarországi kőolaj- és földgáztelepek keletkezése 85
Koch Sándor és *Grasselly Gyula:* Magyarországi mangánércelőfordulások ásványai .. 99
ifj. Noszky Jenő: A bakonyi mangánérc rétegtani helyzete és kutatási kilátásai 119
Pantó Gábor: A gyöngyösoroszi magmadifferenciáció és ércképződés 129
Szádeczky-Kardoss Elemér: Két új geokémiai vegyértékszabály és az elemek geokémiai csoportosítása 137
Szalay Sándor: Hazai kőszenek radiológiai vizsgálata 167
Székyné Fux Vilma: A magmás kőzetek szerepe a komlói kőszénösszletben 187
Sztrókay Kálmán Imre: Mecseki vasércképződés 211
Vadász Elemér: A bakonyi mangánképződés 231
Vendel Miklós: Adatok az allitos agyagásványok tömegviszonyának megállapításához, kapcsolatban az iszkaszentgyörgyi bauxit ásványtani vizsgálatával 263
Vadász Elemér: Elnöki záróbeszéd 281

Ára: 36.— Ft

Akadémiai Kiadó (Budapest, V., Alkotmány-u. 21.) Felelős: Mestyán János

Akadémiai nyomda, Gerlóczy-utca 2. — 16808 — Felelős vezető: ifj. Puskás Ferenc

MAGYAR
TUDOMÁNYOS AKADÉMIA
MŰSZAKI TUDOMÁNYOK OSZTÁLYÁNAK
KÖZLEMÉNYEI

V. KÖTET 4. SZÁM

SZERKESZTI
HEVESI GYULA

A MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA
1951 DECEMBER 9—15-I NAGYGYŰLÉSÉN
A MŰSZAKI TUDOMÁNYOK OSZTÁLYA HIDROLÓGIAI FŐBIZOTTSÁGA
ÁLTAL TARTOTT ELŐADÁSSOROZAT ANYAGA

MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA
BUDAPEST, 1952

VI. OSZT. KÖZL.

MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA

MŰSZAKI TUDOMÁNYOK OSZTÁLYÁNAK

KÖZLEMÉNYEI

SZERKESZTI

HEVESI GYULA

V. KÖTET 4. SZÁM

SZERKESZTŐSÉG: BUDAPEST, V., GÉZA-UTCA 2.

KIADÓHIVATAL: BUDAPEST, V., ALKOTMÁNY-UTCA 21.

A Magyar Tudományos Akadémia Műszaki Tudományok Osztályának Közleményei változó terjedelmű füzetekben jelennek meg. Négy füzet alkot egy kötetet. Évenként általában egy kötet jelenik meg.

Kéziratok a következő címre küldendők:

Magyar Tudományos Akadémia
Műszaki Tudományok Osztályának Közleményei
Budapest, V., Géza-u 2.

Ugyanerre a címre küldendő minden szerkesztőségi levelezés.

Minden szerzőt ötven különlenyomat illet meg megjelent munkájáért. Közlésre el nem fogadott kéziratokat a szerkesztőség lehetőleg visszajuttat a szerzőhöz, de felelősséget a beküldött kéziratok megőrzéséért, vagy továbbításáért nem vállal.

A Közlemények előfizetési ára kötetenként belföldi címre 20 forint, külföldi címre 30 forint. Belföldi megrendelések az Akadémiai Kiadó (Budapest, V., Alkotmány-u. 21. Magyar Nemzeti Bank egyszámlaszám: 04-878-111-48), külföldi megrendelések a »KULTÚRA« Könyv- és Hírlap Külkereskedelmi Vállalat (Budapest, VIII., Rákóczi-út 5. Magyar Nemzeti Bank egyszámlaszám: 45-790-057-50-032) útján eszközölhetők.

A Magyar Tudományos Akadémia Műszaki Tudományok Osztályának kiadványa az

Acta Technica

című idegennyelvű folyóirat.

E lap hivatott a magyar műszaki tudományok eredményeinek legjavát a külföld felé tolmácsolni. A cikkek orosz, német, angol, vagy francia nyelven jelennek meg lehetőleg a szerző kívánsága szerint, összefoglaló pedig a cikk nyelvén és azonkívül oroszul. Cikkeket magyar vagy a szerző választotta idegen nyelven a következő címre kell beküldeni:

Acta Technica szerkesztősége, Budapest, V., Géza-utca 2.

AZ ÖNTÖZŐVÍZ MÉRÉSÉRE SZOLGÁLÓ KORSZERŰ BERENDEZÉSEK,

KÜLÖNÖS TEKINTETTEL A VENTURI CSATORNÁKRA

NÉMETH ENDRE

Az ötéves terv hatalmas víziberuházásai a vízhasznosítást és azon belül az öntözést az őt megillető súllyal veszik figyelembe. Többszázezer hektárnyi terület öntözését szolgáló csatornahálózat fogja szállítani az áldásthozó vizet, hogy mezőgazdaságunkat függetleníthessük az éghajlat szeszélyeitől, hogy ne csak biztosabban, hanem többet is termeljünk, mint eddig, hogy nagyértékű vízigényes növényeket is termelhessünk. Nem szorul bővebb magyarázatra, hogy e nagy célok érdekében kifogástalan vízszolgáltatásról, az öntözővíz pontos elosztásáról kell gondoskodni. Ez pedig nem történhetik meg az öntöző-csatornahálózat számos helyén végzendő folyamatos vízhozammérés nélkül.

Az öntözővíz mennyiségének mérésére annak minél gazdaságosabb felhasználása, a vízszállítási veszteségek megállapítása és a vízbeszerzési és vízszolgáltatási költségek igazságos elosztása érdekében van szükség. Ezért már az ókori és középkori öntözéseknél nagy súlyt vetettek ennek a kérdésnek a megoldására, a jelenkori hatalmas méretű vízhasznosítások pedig egyre fokozódó figyelmet szenteltek neki. Szűkös vízbeszerzési lehetőségeink folytán nekünk különösen nagy gonddal kell foglalkoznunk vele.

Az öntözővíz mérésére szolgáló berendezésektől megkívánjuk, hogy

a) mérési hibájuk a 2—4%-ot meg ne haladja;

b) illetéktelen beavatkozással a mérési eredményeket befolyásolni ne lehessen;

c) minél kisebb esésveszteséggel működjenek;

d) előállítási költségeik, karbantartási költségeik minél alacsonyabbak legyenek;

e) szerkezetük minél egyszerűbb legyen, a méréshez minél kisebb felkészültségre legyen szükség;

f) a csatornák vízjárását minél kisebb mértékben befolyásolják;

g) sem hordaléklerakódást, sem kimosásokat ne idézzenek elő;

h) regisztráló és esetleg távjelző készülékkel elláthatók legyenek.

Az ó- és középkori (sőt még az újkor elejéről megmaradt) vízmérők természetesen ezek közül a követelmények közül jóformán egyetlen egyet sem tudtak megközelítőleg sem kielégíteni, mert hiányzottak a szükséges hidraulikai ismeretek. Így például a *Soldati* által 1571-ben szerkesztett *milanoi vízmodulus*, amely 1932-ben még több olasz öntöző társulatnál használatban volt, szerkezetének hidraulikai bizonytalansága folytán nagyon hiányos pontosságú volt, mert a

0,19831 m (4 uncia) magas és 0,14873 m (3 uncia) széles nyílású modulus 0,09916 m (2 uncia) magas vízoszlop nyomás alatt szállított vízhozamát hol 32 hol 46 liter/sec-ra becsülték.

Leghamarabb a pontossági igényt sikerült kielégíteni, mert már a mult század közepe táján készített *bukós vízmérők* pontossága 2% hibahatárral volt jellemezhető. Igen jól be is váltak ott, ahol a többi követelménytől el lehetett tekinteni. Általános elterjedésük az öntözővíz mérésénél nem következhetett be, mert a legtöbb öntözőcsatornarendszer esésben szűkölködik és így nem alkalmas arra, hogy a nagy esésveszteséggel dolgozó bukós vízhozammérőt be lehessen építeni. Emiatt gyakran inkább a pontossági kívánalmat enyhítették és olyan megoldást kerestek, amely a csatorna vízjárásában ilyen nagy mértékű változást nem okoz. A francia öntözőtársulatok például kis esésű csatornáknál úgy segítettek magukon, hogy kb. 50 méter hosszúságban burkolták a medret, amelynek fenékesését különös gonddal egyenletesre készítették és ennek a *mérőszakasznak* középső szelvényében vízmércét állítottak fel. A vízhozamot a vízállás és vízhozam közötti kapcsolat alapján grafikonból állapították meg, vagy az említett kapcsolatnak megfelelőleg a vízmérce beosztását készítették a grafikonból kivehető változó nagyságú osztásközökkel, amelyek mindjárt a vízhozamokat mutatták. Esetleg úszóval sebességet mértek és a vízállásnak megfelelő nedvesített keresztszelvényből számították a vízhozamot. Kisebb csatornánál ez az eljárás még elfogadható eredményekre vezethet, nagyobb csatornánál azonban sem a pontosság nem megfelelő, sem a drága burkolat nem gazdaságos már.

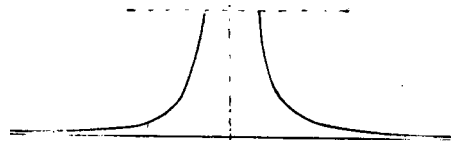
A minden igényt kielégítő vízhozammérő iránt megnyilvánuló kereslet számos megoldást, javaslatot vetett felszínre, amelyeknek felsorolására vagy éppen bírálatára nem áll elegendő hely és idő rendelkezésemre. Itt csupán azokkal a megoldásokkal — számszerint néggyel foglalkozom, amelyek a vízmérővel szemben támasztott és a bevezetésben *a*)—*h*) pontok alatt felsorolt követelmények tekintetében a legtöbb előnnyel rendelkeznek. Nem foglalkozom a szivattyútelepek által nyujtott vízhozammérési lehetőséggel sem, mert az kötött jellegű, a csatornahálózatban nem alkalmazható.

A rövid ismertetésre kiválasztott négy eljárás: a *bukós vízhozammérő*, *szivornyás vízhozammérő*, a *Pikalov-féle osztott rendszerű vízmérő* és a *Venturi csatorna*. Utóbbival, mint amelyik a kívánalmak valamennyiét kielégíti, részletesebben foglalkozom és legújabb alakjával kapcsolatban az I. sz. Vízépítési Tanszék laboratóriumában végzett kísérletek eredményét is bemutatom.

A vízhozammérésre használt *élesszélű bukók* közismert alakjait, a Bazin, Poncelet, Cipoletti és Thomson bukókat sem tárgyalom, hanem ehelyett tegyük vizsgálat tárgyává azt, hogy a bukók *általában* miként viszonylanak a bevezetésben felsorolt kívánalmakhoz és e vizsgálat során felmerülő újabb, az irodalomban kevésbbé ismert változatát ismertetem.

Azt már említettem, hogy pontosság tekintetében a bukók tökéletesen megfelelnek. Ami az illetéktelen beavatkozást illeti, itt nem a berendezés megrongálódásáról vagy deformálásáról van szó, hanem arról, hogy a mérés után következő szakasz haszonélvezőjének ne álljon módjában a mérési eredményre és ezzel együtt az alsó szakaszba átfolyó vízhozam nagyságára befolyást gyakorolni. A bukók ezt a kívánalmat is kielégítik, mert az alsó szakaszon csupán a vízszín emelése vagy süllyesztése jöhetne szóba, ez pedig süllyesztés esetében nem jár a vízhozam változásával, emelés esetén is csak akkor, ha a bukó koronája fölé duzzasztana, mely esetben kevesebb víz folyna a bukón át, ami viszont nem érdeke az alább fekvő öntözőnek.

A többi kívánalom tekintetében már a bukókkal szemben több-kevesebb kifogás merül fel : az esésveszteség jelentékeny, az előállítási költség ugyan arányos a szállított vízhozammal, azonban nagyobb vízhozamoknál határozottan drágábbak a hasonló teljesítményű Venturi-csatornánál. Karbantartási költség tekintetében hátrány az, hogy a gátudvarban lerakódott hordalékot



1. ábra

időközönként el kell távolítani. Szerkezetük egyszerű ugyan és a vízmércén való leolvasás sem kíván nagyobb felkészültséget, a kontrakciós tényező figyelembevétele azonban már nem bizható elméletileg járatlan személyre. A csatorna vízjárását visszaduzzasztó hatásuk folytán lényegesen befolyásolják, a gátudvarban hordaléklerakódást okoznak, az utófenéknél kimosások jelentkezhetnek.

Regisztráló vagy távjelző készülékkel elláthatók ugyan, de ezt kissé megnehezíti az a körülmény, hogy a vízhozam az átbukó vízrétegre jellemző vízmérceleolvasás $^3/_2$-ik hatványával arányos.

1921-ben *Rother* olyan bukóprofilt vezetett be, amelynél a vízhozam és a vízmérceleolvasás közötti összefüggés lineáris. Sajnos ez a profil csak teoretikus értékű maradt, mert a profil alakját (1. ábra) meghatározó

$$y = \frac{\varrho}{\pi \sqrt{x}}$$

függvény folytán a profilgörbék asymptotikusan közelednek a bukó öntő éléhez.

A gyakorlati megvalósíthatás érdekében a feladatot úgy kellett megfogalmazni, hogy a vízhozam és vízmérceállás közötti lineáris összefüggést csak bizonyos Q_{min} és Q_{max} határértékeken belül követeljük meg. Ennek a feltételnek *Guido di Ricco* professzor vizsgálatai szerint olyan bukó felel meg, amelynek a bukó öntőélében mért és a Q_{min} értéknek megfelelően választandó

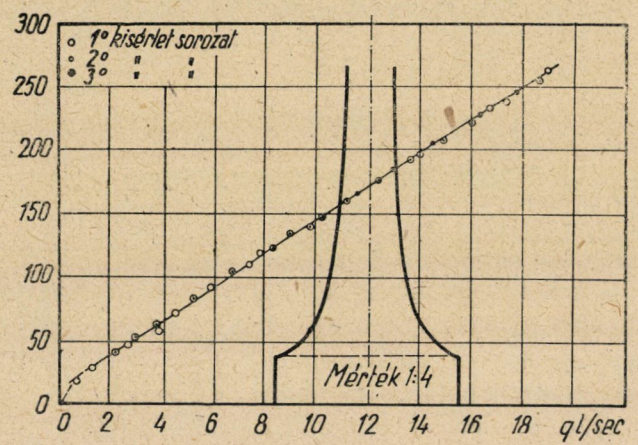
l_0 szélessége ugyancsak a Q_{min}-tól függő a magasságig állandó, ettől a magasságtól kezdve pedig az öntőéltől számított x magassághoz tartozó $2y$ szélességet az

$$l(x) = 2y = \frac{2}{\pi} l_0 \text{ arc sin } \sqrt{\frac{a}{x}}$$

függvény definiálja.

A *Guido di Ricco* $l_0 = 140$ mm és $a = 40$ mm értékekkel készített modelljének metszetét, valamint a kísérleti eredményeket ábrázoló pontsort a 2. ábra mutatja, amelyből látható, hogy a kísérleti eredmények jól simulnak az elmélet által kijelölt egyeneshez. Jó eredményt ért el a pontos görbéhez simuló poligonális profillal készült bukóval is, amelynek előállítása természetesen sokkal egyszerűbb.

Kisebb vízhozamok mérésére igen jól beváltak a *szivornyák*, amelyeket



2. ábra

többnyire hordozható bádogszivornyák alakjában használunk. Vízszállítóképességük a jól ismert

$$Q = C \cdot F \cdot \sqrt{2gh}$$

képlet szerint a keresztmetszeti területtől, vagy miután szinte kizárólag körkeresztmetszetű szivornyákat használnak a csőátmérőtől, a h nyomómagasságtól és a kontrakciós, valamint súrlódási veszteséget kifejező C vízhozamtényező értékétől függ.

A *csőátmérőt* a gyakorlatban 50 és 150 mm között szokás megválasztani, a C *tényező* értéke a csőátmérőn, a cső hosszán, alakján és érdességén kívül ugyan a h nyomómagasságtól is függ, azonban ugyanazon szivornyánál a $h = 25$ cm értéket meg nem haladó nyomómagasságokra *Barban* szovjet hid-

raulikus vizsgálatai szerint állandónak tekinthető, mert a tarázáskor megállapított értéktől 1,5—3,0%-nál nagyobb eltérés nem mutatkozott és a 3%-os eltérés is csak kicsiny ($h = 2$ cm) nyomómagasságnál fordult elő.

A szivornyás vízmérő pontossága a C tényező jó közepes értékének helyes megállapításától, a szivornyának a mérés helyén való gondos elhelyezésétől, a h nyomómagasság mérésének pontosságától függ. A követendő eljárás részletei tekintetében utalok *Barbannak* a »Gidrotehnika i Melioracija« folyóiratban megjelent cikkére. Itt csak arra mutatok rá, hogy kívánatos a tarázást többízben megismételni, mert használat közben a vékony bádogból készült csövek könnyen deformálódnak és ezáltal a C tényező változást szenved.

Az egy szivornya által szállított vízhozam felső határát körülbelül 15 liter/sec értékben jelölhetjük meg; nagyobb vízhozamok esetében több szivornyát kell egyidejűleg alkalmazni. A szivornyák általában az állandó, vagy ideiglenes táblacsatornából az öntözőárkokba való vízeresztésnél kerülnek alkalmazásra, de természetesen nincsen akadálya annak, hogy máshol is alkalmazzuk őket, ahol a szükséges nyomómagasságot elő tudjuk állítani. Minthogy a szivornyánál a nyomómagasság egyszersmind az elvesztett vízszínmagasságot is méri, ennélfogva azt kell mondanunk, hogy a szivornyás vízmérők legnagyobb hátránya a nagy magasságvesztesség.

Pikalov F. I. szovjet mérnök *osztott rendszerű* vízmérője* a folyadékáramlás és az elektromos áram között fennálló analógia alapján mellékáramkörbe kapcsolt áramerősségmérőnek felel meg.

Minthogy a mellékáramkör kiágazási és visszatérési pontjai között a fő- és mellékáramkörökben a feszültségkülönbség azonos, ennélfogva az áramerősségek az ellenállásokkal fordítottan, illetőleg azonos anyagú és egyenlő hosszúságú vezeték esetében a keresztmetszetekkel egyenesen arányosak. Áramerősség helyett vízhozamot, keresztmetszeti területül pedig a kontrakciós tényezővel szorzott nedvesített keresztmetszeti területeket választva szabadfelszínű és nyomás alatti kifolyás esetére egyaránt a

$$\frac{Q}{Q_0} = \frac{\mu F}{\mu_0 F_0} = k$$

összefüggést kapjuk. Elegendő tehát a kisebb (F_0) keresztmetszeten átfolyó vízhozamot megmérni, mert a k arányossági tényező számértékének ismeretében a nagyobbik keresztmetszeten (F) átfolyó vízhozam a

$$Q = k \cdot Q_0$$

összefüggésből kapható.

Szabadfelszínű kifolyás esetében természetesen a F és F_0 keresztmetszetek középpontjainak a felső vízszín alatt azonos mélységben kell lenniök ; nyomás alatti átfolyásnál ez a megkötés elesik.

* A Vízügyi Közlemények XXXII. évf. 1—2 számában ismertette *Szesztay Károly.*

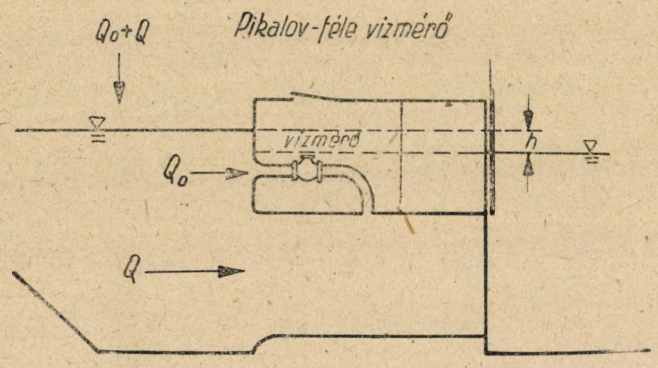
Pikalov mérőberendezése (3. ábra) rendszerint egybeépül a vízhozamot-szabályozó berendezéssel, ami további előnyt jelent takarékossági szempontból. Nyomás alatti átfolyás esetében nagyobb vízhozamok számára készült berendezésnél a F_0 mérőnyílást a F vízkivételi nyílás fölött, de természetesen a felső-vízszín alatt helyezik el. Ilyenkor a két nyílás *függőleges* szimmetriatengelyei egybeesnek, kisebb vízhozamok számára készült berendezéseknél ellenben a szabadfelszínű kifolyáshoz hasonlóan a vízszintes szimmetriatengelyek esnek egybe.

A k arányossági tényezőre Pikalov a

$$k = 3{,}75 \frac{F}{d^2} \sqrt{1 + 0{,}003 \frac{l}{d}}$$

tapasztalati képletet vezette be, amelyben d és l a mérővezeték átmérőjét és hosszát jelenti, F pedig a vízkivételi nyílás területe.

A mérés pontossága nyilvánvalóan a k tényező számértékének helyes



3. ábra

megválasztásához igazodik, de nagy befolyást gyakorol reá a nyílásoknak a folyadékáramlás módja szerint kialakuló sebességeloszláshoz viszonyított helyzete is. Noha a 4—5%-os pontosság biztosítottnak látszik, mégis az a körülmény, hogy a k rendszerint nagy szám, tehát a leolvasás *egyéni* hibája megsokszorozódik, indokolttá teszi, hogy használatánál a legnagyobb körültekintéssel járjunk el.

Minthogy a mérőnyíláson átfolyó Q_0 vízhozam mérésére rendszerint az ivóvízellátásnál szokásos vízmérőórák valamelyik válfaját alkalmazzák, hordalékos, uszadékot szállító vizet rácson és szitahálón át kell a mérőre ereszteni.

Magasságveszteség tekintetében kétségtelenül sokkal kedvezőbb a bukós vízmérőknél, hordaléklerakódás tekintetében azonban — hacsak a vízkivételi

nyílást a fenékre nem süllyesztjük — a bukóknál említett hátrány itt is megvan. Létesítési költsége körülbelül a vele azonos bukó költségével egyezőre tehető, fenntartási költsége valamivel nagyobb lehet.

Utoljára hagytam az utóbbi évtizedek alatt legjobban kipróbált *Venturi-csatornát*, amely a bevezetőben felsorolt kívánalmak valamennyiének szempontjából kedvező tulajdonságokat egyesíti magában :

a) mérési hibája nem haladja meg a 2—3%-ot ;

b) mérési alapelve, mely szerint benne vízugrással ellenőrzött rohanó mozgás áll elő, kizárja azt, hogy az alsó víz szándékos vagy véletlen mélyebbre helyeződése a vízhozamra befolyást gyakoroljon ;

c) a mérésnél bekövetkező magasságveszteség *negyede-ötöde* a vele azonos szállítóképességű bukónál előálló veszteségnek ;

d) előállítási költsége lényegesen kevesebb a hasonló méretű bukóénál ; egy 300 liter/sec szállítóképességű Venturi-csatorna költsége kb. a fele az ugyanennyit szállító Cipoletti-bukó költségének ; fenntartási költsége elenyészően kevés ;

e) egyszerű szerkezet ; a mérés egyszerű mérceleolvasásból áll, amelynek eredményét tarázással ellenőrzött grafikon segítségével nehézség nélkül lehet vízhozamértékre átváltani. Az előadásom során ismertetésre kerülő típusnál azonban erre sincsen szükség, mert lineáris összefüggés folytán a centiméteres vagy milliméteres beosztás számozása már vízhozam szerint történhetik.

f) és *g)* a csatorna vízjárását egyáltalában nem befolyásolja, mert benne ugyan rohanás áll elő, azonban az még a mérőszerkezet testében vízugrással visszaalakul az alsó csatornaszakasznak megfelelő sebességű áramlássá. Ennek folytán sem hordaléklerakódásra sem kimosásra sor nem kerül ;

h) regisztráló vagy távjelző készülékkel minden nehézség nélkül felszerelhető ; ebben a tekintetben is a későbbiekben ismertetésre kerülő típus előnyös tulajdonságú.

Az elmondottakhoz még egy le nem becsülhető előnyt lehet hozzátenni : A Venturi-csatornákban végbemenő hidraulikai folyamat teljesen fel van derítve ahhoz, hogy modellen végzett tarázás eredményét a valóságos kivitelre a *Froude-féle* modelltörvény alapján megnyugvással át lehessen vinni.

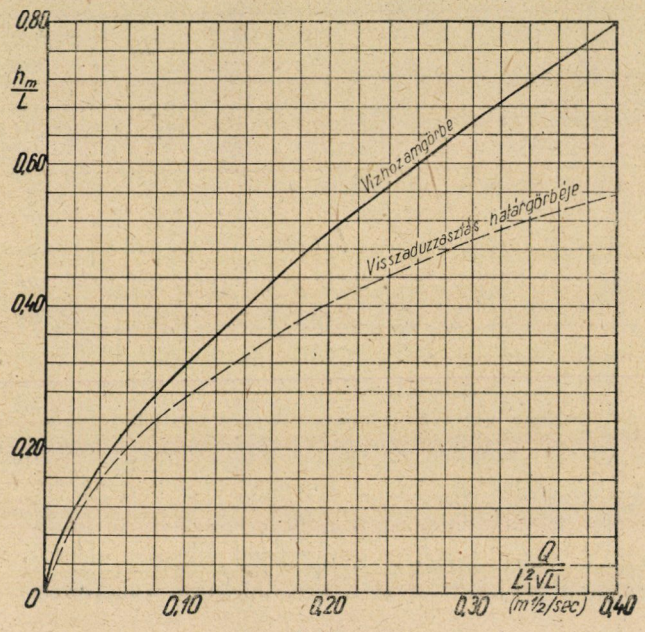
Ez lehetővé teszi, hogy néhány típust laboratóriumban kivizsgálva, kiterjedt öntözőcsatornahálózatnál szükséges nagyszámú mérőberendezés létesítésénél az egyes csatornák maximális vízszállítóképességének megfelelő méretű Venturi-csatornát hidraulikailag szinte percek alatt méretezni lehessen. Ezen a téren *Giulio De Marchi* és *Duilio Citrini* professzoroknak kimagasló érdemei vannak.

A milanoi hidraulikai laboratóriumban öt típusra vonatkozólag végeztek beható vizsgálatokat beleértve a félig (quasi) dimenzionélküli vízhozamskála tarázását is. A típusok a Venturi-csatornákra jellemző szűkület arányai szerint

különböznek. Valamennyi típus méretei a szűkületet megelőző derékszögű-négyszögkeresztmetszetű szelvénynek L szélességéhez viszonyított arányszámokkal vannak megadva.

A félig (quasi) dimenzionélküli vízhozamgrafikon (4. ábra) vízszintes tengelyére $[Q/L^2\sqrt{L}\ (m^{1/2}\,sec^{-1})]$, függőleges tengelyére a küszöbtől (annak hiányában a fenéktől) mért h_m vízszínmagasságnak L-hez való aránya van felmérve.

Ilymódon minden méret és adat a L függvényében van megadva. Ha tehát meg van adva annak a csatornának a maximális vízhozama és az ahhoz



4. ábra

tartozó nedvesített keresztszelvény, akkor ebből a keresztszelvényből lemért vízszínszélességet fogadva el L értékéül, ezzel már nemcsak a Venturi-csatorna minden mérete megállapítható, de a kiválasztott típushoz tartozó quasi-dimenzionélküli vízhozamgrafikon vízszintes méreteit $L^2\sqrt{L}$-el, függőleges méreteit L-el megszorozva, már a tervezett Venturi-csatorna egyéni vízhozamgrafikonja is készen van.

Az ábrán szakadozott vonallal rajzolt görbe a visszaduzzasztás határértékeit szolgáltatja, ameddig az alsó vízszin visszaduzzasztható anélkül, hogy a mérés pontosságát befolyásolná.

Kis és közepes méretű Venturi-csatorna általában betonból készülhet gazdaságosan, nagy vízhozamok számára esetleg téglafalazat is szóba jöhet,

természetesen a vízzel érintkező felületeknek sima cementvakolattal való borítása mellett.

Ha az imént leírt típusoktól eltérő méretarányú Venturi-mérőt kívánunk létesíteni, akkor legcélszerűbb azt laboratóriumi kísérletekkel vizsgálat tárgyává tenni és a vízhozamgrafikont így megállapítani. Laboratóriumi vizsgálat hiányában a vízhozam és a küszöb fölötti vízmagasság között az ismert

$$Q = \mu\, l\, h_m \sqrt{2\, g\, h_m}$$

képlet adja meg az összefüggést, amelyben μ kontrakciós tényező értékét az elméleti megfontolások alapján levezetett

$$\mu = 2 \left(\frac{\sigma_m}{l\, h_m}\right)^{\frac{3}{2}} \cos^{\frac{3}{2}} \left| \frac{1}{3} \left(\pi + \text{arc cos} \frac{l\, h_m}{\sigma_m}\right)\right|$$

függvény szolgáltatja; σ_m a csatorna nedvesített területét jelöli. Ez a tetszőleges alakú keresztmetszetre levezetett függvény abban az esetben, ha a h_m mérésére kiválasztott szelvény (és előtte még egy bizonyos hosszúságú szakasz) derékszögű, átmegy a

$$\mu = 2 \left(\frac{h_m + a}{r \cdot h_m}\right)^{\frac{3}{2}} \cos^{\frac{3}{2}} \left| \frac{1}{3} \left(\pi + \text{arc cos} \frac{r\, h_m}{h_m + a}\right)\right|$$

alakba, amelyben r a szélességi szűkítési arány $r = \frac{l}{L}$.

Ehelyett a bonyolult függvény helyett *Gherardelli* a

$$\mu = 0{,}385 + 0{,}108 \left(\frac{l}{L}\right)^2 \left(\frac{h_m}{h_m + a}\right)^2$$

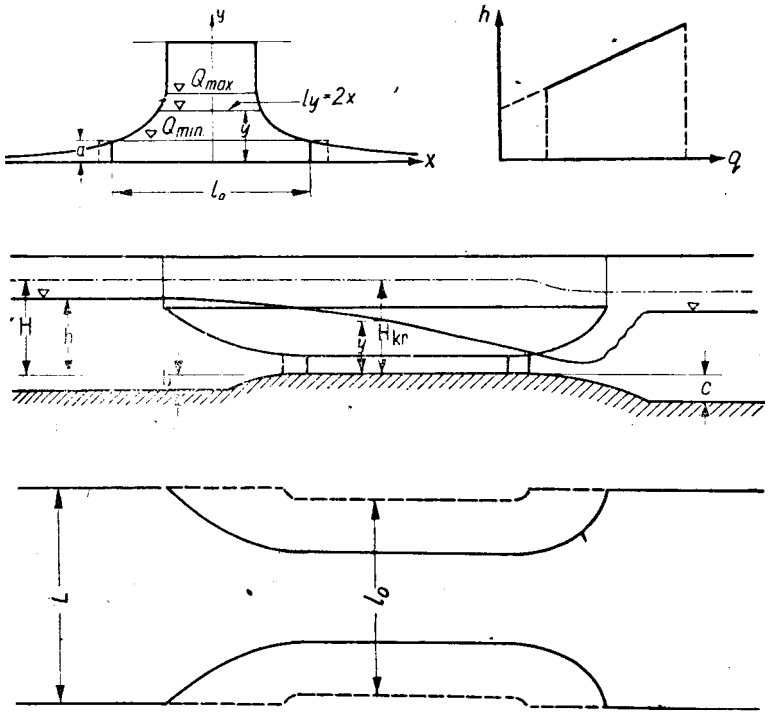
tapasztalati képletet ajánlja, amely az előbbiekből számítotthoz kb. 1%-nyi eltéréssel simuló értékeket szolgáltat.

A milanói vizsgálatok megmutatták, hogy másodrendű hatások a μ tényezőnek még e bonyolult képletekből számított értékét is módosítják. Mindezek a körülmények aláhuzzák a laboratóriumi vizsgálatok alapján készült vízhozamgrafikonok jelentőségét, mert a μ bizonytalanságából származó nehézségeket teljesen kiküszöbölik.

Többizben szó esett arról, hogy mind a vízhozam közvetlen leolvasása, mind a regisztrálás illetőleg távjelzés szempontjából nagy előnyt jelentene, ha a leolvasott h vízszínmagasság és a Q vízhozam közötti kapcsolat lineáris lenne. A bukók esetében láttuk, hogy a bukónyílás megfelelő alakításával ez a kívánság teljesíthető.

Filippo Arredi professzor elméleti vizsgálatai igazolták, hogy a Venturi-csatornának is lehet olyan alakot adni, amely mellett a lineáris vízhozamskála megvalósítható.

Az 5. ábra kapcsán Arredi gondolatmenetét némileg egyszerűsítve a linearitásnak megfelelő szelvényprofil alakját a következőképpen határozhatjuk meg. Két keresztszelvényt vegyünk vizsgálat alá. Az egyik a szűkület előtt olyan távolságban legyen, ahol a szűkületben előállított rohanás a vízfelszínre már nem gyakorol hatást, a másik a szűkületnek azon a helyén legyen, ahol éppen a kriti-



5. ábra

kus mozgásállapot érvényes, azaz határmélység, határsebesség áll elő. Előbbi szelvényt nevezzük *mérési szelvénynek*, a másikat *ellenőrzőszelvénynek*. Fenékküszöb nélkül, csupán oldalirányú szűkítéssel állítjuk elő a rohanó mozgást, a vízmélységeket tehát a fenéktől számítjuk és jelöljük a mérőszelvény vízmélységét h-val, az ellenőrző szelvényben előálló határmélységet pedig y-nal. A mérési szelvényben legyen a keresztmetszet L szélességű derékszögű négyszög, az ellenőrző szelvény alakját pedig úgy akarjuk megállapítani, hogy a Q vízhozam és a mérési szelvényben mérhető h vízmélység között a

$$h = h_0 + a \cdot Q \tag{1}$$

lineáris összefüggés álljon fenn. Az ennek megfelelő profilvonal egyenlete az

ellenőrzőszelvény függőleges szimmetriavonalára, mint ordinátatengelyre és a fenékkel való metszésvonalra, mint abscissza tengelyre vonatkoztatva

$$y = y(x)$$

vagyis az y vízmélységnek

$$l_y = 2x \tag{2}$$

vízszínszélesség felel meg.

Jelöljük még a nedvesített keresztszelvényterületet, energiamagasságot és a Coriolis-együtthatót a mérési szelvényre vonatkozólag F, H és α, az ellenőrzőszelvényre vonatkozólag F_{kr}, H_{kr} és α_{kr} betűkkel.

Abból a körülményből, hogy az ellenőrzőszelvényben kritikus mozgásállapot érvényesül, tehát a Q vízhozam minimális energiatartalommal folyik, levezethető, hogy

$$l_y = 2x = \frac{g}{\alpha_{kr} Q^2} F_{kr}^3. \tag{3}$$

Ha feltesszük, hogy a mérési szelvény és az ellenőrző szelvény között nem következik be energiaveszteség, azaz $H = H_{kr}$, akkor némi átalakítással az

$$y = h_0 + \frac{\alpha Q}{2} + \frac{\alpha Q^2}{2g} \cdot \frac{h - h_0}{h^3 L^2} \tag{4}$$

egyenletre jutunk. Azonban a $H = H_{kr}$ összefüggésből még a

$$\frac{dH}{dQ} = \frac{dH_{kr}}{dQ}$$

egyenlet is következik, amit kifejtve és némileg átalakítva a

$$\frac{1}{F_{kr}^2} = \frac{ag}{\alpha_c Q} + \frac{\alpha}{\alpha_c} \cdot \frac{h_0}{h^3 L^2} \tag{5}$$

egyenletre jutunk.

Az (1), (2), (4) és (5) sz. egyenletek tulajdonképpen már meghatározzák a keresett szelvényt. Ha ugyanis h_0, a és L számértékeit felvesszük, akkor a Q mennyiséget paraméternek tekintve minden Q értékhez az (1) egyenletből számíthatjuk a h értékét, ezt a (4)-be helyettesítve kapjuk y értékét, az (5)-be helyettesítve pedig F_{kr}-t, amit viszont a (3) egyenletbe téve, kiszámíthatjuk x-et.

Meg kell említenünk még, hogy a Coriolis-féle állandók közül az ellenőrző szelvényre vonatkozó α_c-t az egységgel egyenlőre vehetjük, a mérőszelvényre érvényes α értékét pedig 1,11-re vehetjük fel.

Feltettük az eddigi levezetéseknél, hogy a mérőszelvény és az ellenőrzőszelvény között energiaveszteség nincsen. Ha ez a feltétel nem is teljesül egészen, kétségtelenül elhanyagolhatóan kicsi lehet a veszteség. Ha mégis ezt a kis vesz-

teséget is figyelembe akarjuk venni, akkor levezethető, hogy jól megközelítjük a valóságot, ha szűkített szelvény alakjának meghatározására szolgáló (1)—(5) egyenletekbe a valóságban kiválasztott a érték helyett $a' = a\sqrt{\frac{\alpha}{\alpha+\zeta}}$. Itt $\zeta = 0{,}055$. A valóságban kiválasztott h_0 érték helyett pedig $h_0' = h_0 - (a' - a)\,Q_m$ értéket helyettesítünk be.

Az olyan profil, amely a fenéktől kezdve lineáris skála szerint működik, csak elméleti jelentőségű. A gyakorlatban a feladat rendesen az, hogy adva van a mérendő vízhozam értékének alsó határa Q_0 és felső határa Q_m és a vízmérő méreteit úgy választjuk meg, hogy ezeken a határokon belül meg legyen a linearitás, a Q_0-nál kisebb vízhozamokra azonban nem szükséges a linearitás kiterjedése. Csupán azt kell biztosítanunk, hogy már valamivel a Q_0-nak megfelelő y_0 vízmennyiségnél alacsonyabb y_c mélységben legyen a határmélység.

A mechanikai hasonlóságon alapuló korszerű módszerek nemcsak lehetőséget adnak az elméleti eredmények ellenőrzésére, de tökéletesítik azokat és mintegy fémjelzik a gyakorlat számára. Erre ebben az esetben is szükség van.

A rendelkezésre álló irodalmi adatok között nem találtam utalást arra, hogy ilyen lineáris skálájú Venturi-csatornával végeztek volna kísérleteket. Ezért az I. sz. Vízépítéstani tanszék laboratóriumának munkatervében szereplő vízhozammérők vizsgálatára beállított kísérletsorozatba felvettem ennek a vízmérőtípusnak a vizsgálatát is. A végzett kísérleteket és az azokból levonható következtetéseket az alábbiakban ismertetem.

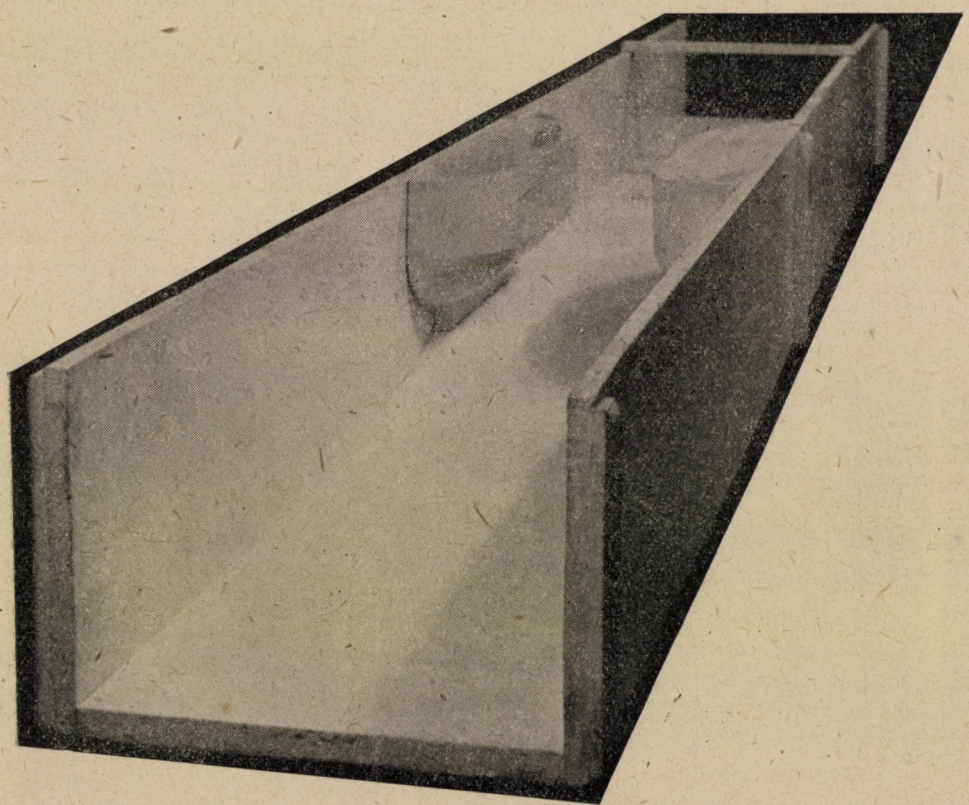
Az Arredi által példaképpen elképzelt olyan Venturi-csatornát, amelynek $Q_m = 1{,}4$ m³/sec felső, és $Q_0 = 0{,}4$ m³/sec alsó határok között lineáris skálával kell mérni, főkivitelnek tekintettem és elkészítettük ennek 1 : 4,5, 1 : 6 és 1 : 9 arányú modelljét.

A modelleket kétféle kivitelben vizsgáltuk : *a)* a szűkület végéhez csatlakozó surrantóval, *b)* végig sík fenékkel, surrantó nélkül. Az 5. ábra mutatja az 1 : 9 méretarányú modell metszeteit és alaprajzát, amelyekből látható, hogy a szűkített szelvény a legnagyobb szélességnél valamivel nagyobb hosszúságban állandó és a két végén átmeneti felületekkel csatlakozik a függőleges oldalfalakhoz.

Az első kísérletnél az Arredi-féle tervnek megfelelően a befolyási fejnél rövidebb átmeneti felületeket képeztünk ki, mint a kifolyási fejnél. A szokásos Venturi-csatornáknál ugyanis ez az alak felelt meg legjobban. Az első kísérlet azonban megmutatta, hogy ennél az új típusú Venturi-csatornánál ez az elrendezés nem felel meg a követelményeknek, mert a linearitás nem egészen kielégítően alakult, azonkívül a befolyási fej előtt az elméletileg előirányzott vízszínmagasságnál lényegesen nagyobb állott elő és ezzel együtt a magasságveszteség is nagyobbmértékű volt, bár a bukóvízmérők veszteségénél számottevően kisebb maradt ebben az esetben is.

Ezért az átmeneti felületeket kicseréltük és a befolyási oldalon helyeztük el az áramláshoz jobban simuló felületet. Ettől kezdve a kísérleti eredmények meglepően kedvezően alakultak a linearitás tekintetében, amint arról a 8. ábrán feltüntetett vízhozam-vízmélység grafikonok szemléletével meggyőződhetünk.

A modelleket fából készítettük, csupán a szűkítő felületek és átmeneti szakaszok készültek az 1 : 6 és 1 : 9 méretarányú modelleknél gipszből, az



6. ábra

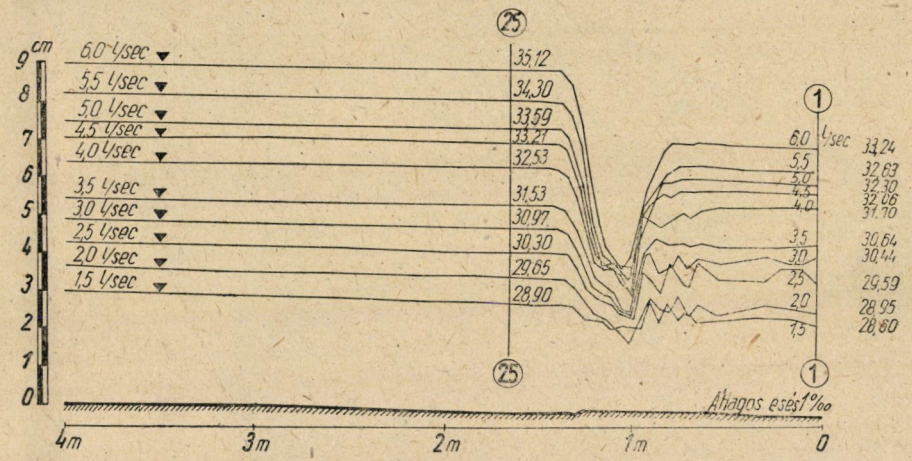
1 : 4,5 méretarányú modellnél pedig betonból. A vízzel érintkező felületek fényezve illetőleg lakkozva voltak.

Említettük, hogy az eredeti terv szerint a kifolyási oldalon surrantóval készült a fenék. Ezt a rohanó mozgás biztosítására szokták a Venturi-csatornáknál előírni. Esetünkben a surrantó lépcsőmagassága $L/6$ volt. A kísérletek egyik csoportjánál elhagytuk a surrantót és meggyőződtünk arról, hogy erre az új típusú csatornánál nincsen feltétlenül szükség, mert a mérési határokon belül

a rohanó vízmozgás surrantó nélkül is minden vízhozamnál biztosan előállott. Valószínű azonban, hogy az öntözés üzemi körülményei között a surrantóval járó magasságveszteség nem lesz megtakarítható.

Az alsó vízszint úgy szabályoztuk, hogy a vízugrás mindig a surrantó alsó harmada tájékán keletkezzen (ahol nem volt surrantó, ott annak a helyén). Egyes kísérleteknél a legnagyobb vízhozamnál végeztük el ezt a vízszínszabályozást és a többi vízhozamoknál a szabályozó pálcikák helyzetét megtartottuk, a későbbi kísérleteknél azonban minden vízhozamnál beállítottuk az alsó vízszint, mert így az összehasonlításoknál egyöntetűbb képet kaptunk.

A mérési szelvényt a szűkület felett olyan távolságban vettük fel, ahol a vízszínre a leszívásnak már nem volt hatása. Azonban nemcsak a mérési szelvényben mértük a vízmélységet, hanem a vízfelszín alakjának megállapítása



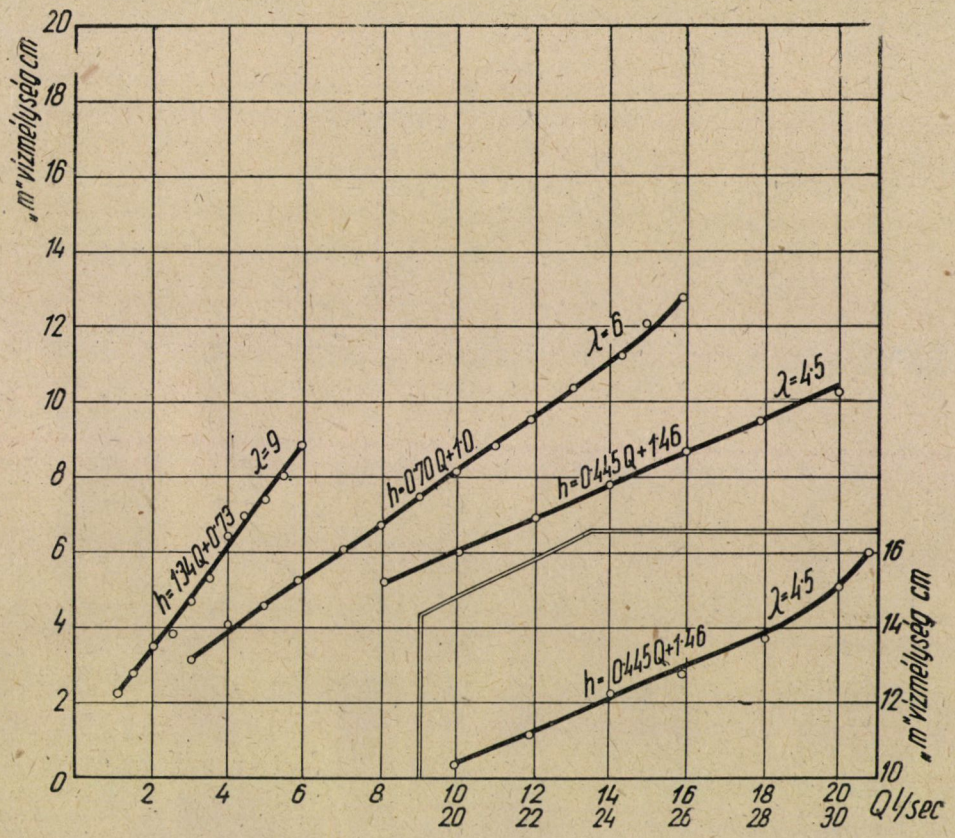
7. ábra

végett 30 helyen. A 7. ábrán láthatjuk az 1 : 9 méretarányú modellnél keletkezett vízszínek alakját.

Mindegyik modell mindegyik változatánál a kijelölt mérési határköz nagyságához képest 11—14 különböző vízhozam mellett végeztük a méréseket és így a vízhozamközök 0,5 liter/sec és 1,5 liter/sec között váltakoztak, ami a főkivitelben 60—120 liter/sec vízhozamközöknek felel meg. Az elméleti alapon kijelölt mérési határokat sikerült betartani. Csupán az 1 : 4,5 méretarányú modellnél nem sikerült ez, mert a szivattyú vízszállítóképessége nem éri el a 32 l/sec vízhozamot.

A 8. ábrán feltüntetett mérési eredmények általában azt mutatják, hogy a linearitás a leolvasási hibahatárokon belül marad. A mérési eredményeket ábrázoló pontok kifogástalanul simulnak a kiegyenlítő egyeneshez, csupán az

előírt mérési határok közelében mutatkozik a többihez képest nagyobb eltérés, de ez sem haladja meg a 2—3 %-ot.



8. ábra

Az elmélet a főkivitel számára a vízhozam—vízállás összefüggését a

$$h = h_0 + a \cdot Q = 0{,}017 + 0{,}5\ Q \qquad (6)$$

egyenletben jelölte ki, amelyben h méterben, Q m^3/sec-ben van kifejezve.

Avégből, hogy a

$$h_0 = 0{,}017$$
$$a = 0{,}5$$

állandókat a modellek h_{0i} és a_i értékeivel összehasonlíthassuk, vegyük figyelembe a következőket. A Froude-féle modelltörvény értelmében, ha a hosszúságok

arányszáma λ_i, akkor a vízhozamok arányszáma $\lambda_i^{5/2}$. Ha tehát a λ_i kicsinyítésű modellnél a vízhozamskála egyenlete, amelyben h_i és h_{0i} centiméterekben, Q_i liter/sec-ben van megadva,

$$h_i = h_{0i} + a_i \cdot Q_i, \tag{7}$$

akkor

$$h = \lambda_i \cdot h_i$$

$$h_0 = \lambda_i \cdot h_{0i}$$

$$Q = \lambda_i^{5/2} \cdot Q_i$$

amit a (6) egyenletbe téve

$$\lambda_i \cdot h_i = \lambda_i \cdot h_{0i} + a \cdot \lambda_i^{5/2} Q_i \tag{8}$$

vagy λ_i -vel egyszerűsítve

$$h_i = h_{0i} + a\,\lambda_i^{3/2} Q_i.$$

A (7) és (8) egyenletek összehasonlításából kapjuk, hogy :

$$a_i = a \cdot \lambda_i^{3/2}. \tag{9}$$

A mértékegységek különbözőségét is figyelembe véve

$$a_i = \frac{a\,\lambda_i^{3/2}}{10} \quad \text{és} \quad a = \frac{10\,a_i}{\lambda_i^{3/2}}. \tag{10}$$

Ha pedig a λ_i és λ_j kicsinyítésű modellek eredményeit egymásközt akarjuk összehasonlítani, akkor a (10) egyenlet ismételt alkalmazása révén arra az eredményre jutunk, hogy

$$\frac{a_i}{a_j} = \left(\frac{\lambda_i}{\lambda_j}\right)^{3/2}. \tag{11}$$

Kisérleteinknél a következő eredményeket kaptuk :

l	$l^{\frac{3}{2}}$	a_i	$a = \frac{10\,a_i}{\lambda_i^{3/2}}$
9	27	1,34	0,497
6	14,7	0,70	0,475
4,5	9,55	0,445	0,466

Középérték $a_k = 0{,}479$

Az elmélet szerint a pontos értéke $a = 0{,}500$, vagyis a középérték eltérése $0{,}500 - 0{,}479 = 0{,}021$, ami 4,25%-nak felelne meg. Rá kell azonban itt egy

érdekes körülményre mutatnom, t. i. arra, hogy a szűkítőszelvény alakjának megállapításánál, avégből hogy a mérőszelvény és ellenőrző szelvény közötti szakaszon előálló igen kis veszteséget figyelembe lehessen venni a profil méreteinek számításánál nem az előírt $a = 0{,}5$ érték szerepelt, hanem a korrekciónak megfelelő

$$a' = 0{,}5 \sqrt{\frac{a}{a + \xi}} = 0{,}5 \frac{1,}{1{,}155} = 0{,}4879.$$

Ha ezzel hasonlítjuk össze a három modell esetéből vett középértéket, akkor

$$\Delta a = a' - a_k = 0{,}4879 - 0{,}479 = 0{,}0089,$$

ami 1,85%-nak felel meg.

Tekintettel az energiaveszteség számításának bizonytalanságára nagyon valószínűnek látszik, hogy az utóbbi százalékos hiba közelebb áll a valósághoz.

A h_{oi} értékeknek a főkivitel h_0 értékéhez való összehasonlítása nem ilyen kedvező, itt viszont az egymásközötti összehasonlítás a $\lambda = 9$ és $\lambda = 4{,}5$ méretarányú modellnél teljesen pontos egyezést mutat.

Az energiaveszteség figyelembevételének hatása itt is kedvezőtlen értelemben jelentkezett, vagyis az a körülmény, hogy nem a tervezett $h_0 = 0{,}017$ (méter) értékkel, hanem h'_0 korrigált értékkel számítottuk a szűkítési profilt, azt eredményezte, hogy a mérési eredményeknek megfelelő egyenes egyenletében a h_0 tag értéke eltér a 0,017 értéktől.

A h_0 teoretikus és kísérleti úton megállapított értékében mutatkozó nagy különbség abban leli magyarázatát, hogy az elméleti számítások tulajdoképpen azon alapulnak, hogy a szűkítési profilgörbe az egész szelvényben folytonos görbe, holott a fenéktől egy bizonyos magasságra derékszögű négyszögű szelvényt állítottunk elő. Ebből következik, hogy a linearitás a derékszögű négyszögű szelvényrész magasságáig nem is áll fenn. Ezenkívül azonban kétségtelenül bizonyos hatást gyakorol a lineáris skálájú rész áramlási viszonyaira is, ami a h_0 és a értékeinek a teoretikus értékektől való eltérésében nyilvánul meg.

Ezenkívül kis vízhozamok és kis vízállások mérésénél a viszonylagos pontosság is kisebb. Minthogy a jelölt mérési határokon belül a mérési eredmények jól simultak a kiegyenlítő egyeneshez, ennélfogva a h_0 értékében mutatkozó nagy eltérés nem veszélyezteti a mérések pontosságát. Mindenesetre újabb kísérletekkel tisztázni igyekszünk ennek az eltérésnek az okait.

Még a mérés folytán fellépő vízszínmagasság-veszteségekről kell néhány szót szólnom. A veszteséget minden modellnél minden vízhozam esetében mértük és az eredményeket a vízhozamokhoz kapcsoltan ábrázoltuk a 9. ábrán.

Általában azt találtuk, hogy kis vízhozamoknál a vízhozam növekedésével csökkent a veszteség, majd egy bizonyos értéktől kezdve a nagyobb vízhozamok

felé növekedett. Döntő jelentőségű a legnagyobb vízhozam mérésénél bekövetkező veszteség, minthogy a méretek megállapítása is a legnagyobb vízhozamhoz fűződik.

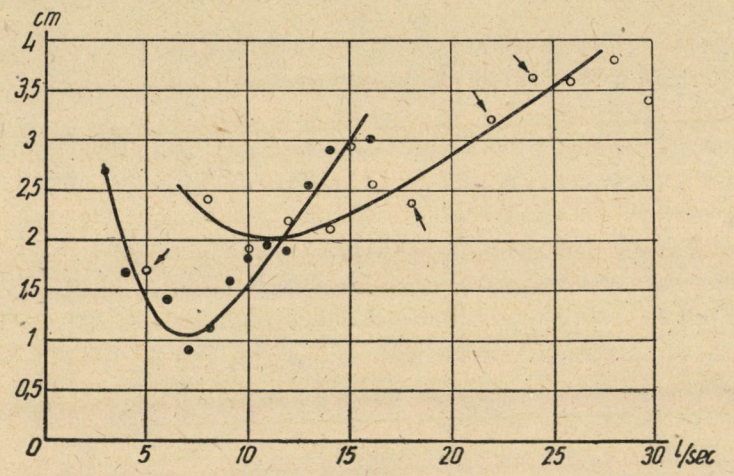
A legnagyobb veszteségek:

$\lambda = 9$ kicsinyítésnél 1,88 cm, főkivitelben 16,92 cm.

$\lambda = 6$ kicsinyítésnél 3,10 cm, főkivitelben 18,60 cm.

$\lambda = 4{,}5$ kicsinyítésnél 4,00 cm, főkivitelben 18,00 cm.

Ha ezeket a veszteségeket össze akarjuk hasonlítani bukós-mérőnél előálló veszteséggel, akkor természetesen azonos teljesítménynek megfelelő méretű



9. ábra

bukót kell vennünk alapul. Jelen esetben például az 1,4 m³/sec vezetésére $L = 1{,}70$ m széles bukóval kell az összehasonlítást megejteni. A

$$Q_m = 1{,}4 = \frac{2}{3}\mu\sqrt{2g}Lx^{\frac{3}{2}} = 1{,}86 \cdot 1{,}70\ x^{\frac{3}{2}}$$

egyenletből

$$x = \sqrt[3]{\left(\frac{1{,}4}{1{,}86 \cdot 1{,}7}\right)^2} = \sqrt[3]{\left(\frac{1{,}4}{3{,}17}\right)^2} = \sqrt[3]{0{,}2} = 0{,}58 \text{ m} = 58 \text{ cm}.$$

Tehát a Venturi-csatorna vízszínveszteségе a bukónál fellépő veszteség egyharmadánál is kevesebb.

Nem hallgathatjuk el, hogy a veszteségek ismertetett értékei a laboratóriumban, tehát kedvező körülmények között végzett mérésekre vonatkoznak. Öntözésüzemi körülmények között lényegesen kedvezőtlenebbül fog alakulni

a magasságveszteség kérdése. Ez azonban valamennyi mérőberendezés-típusra fennáll.

A végzett kísérletekkel időhiány miatt még nem minden kérdést tisztáztunk és így a kísérleteket még folytatni fogjuk. Azt azonban már az eddigi eredményekből is megállapíthatjuk, hogy a lineáris skálájú Venturi-csatorna nemcsak, hogy megvalósítható, hanem számos előnye is van a többi vízmérővel szemben és így érdemes az öntöző vízhozam méréseknél bevezetni.

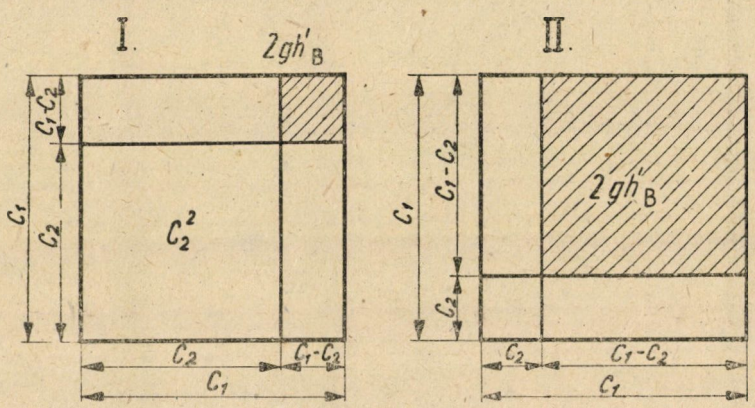
Kedves kötelességemnek tartom még, hogy megemlítsem munkatársaimat, akiknek buzgó munkája segítette elő ennek a feladatnak a megoldását: Langmár József mérnök és Liszkai József szakmunkás a modellek készítése, Varrók Endre mérnök és Benedek István tudományos segédmunkaerő a kísérleti megfigyelések, Öllős Géza mérnök a fényképfelvételek és Hámory Zoltánné tudományos munkatárs számítások elvégzésével és grafikonok készítésével járultak hozzá az eredményhez.

HOZZÁSZÓLÁSOK

NÉMETH ENDRE előadásához

PATTANTYUS Á. GÉZA

Már többízben rámutattam arra, hogy a vízépítőmérnök és a vízgépész tapasztalatcseréje eredményes lehet az áramlástani és a hidrodinamikai tudományágak továbbfejlődése szempontjából is. A mérnöki és gépészmérnöki feladatok egymástól eltérő természetéhez igazodott a tudományos elméletek felépítése és alkalmazása, de egymástól függetlenül alakultak ki a tudományok elméleti és kísérleti kutatási módszerei is. Elvileg azonos és csupán alakilag eltérő lefolyású jelenségek vizsgálatát megkönnyíti egy olyan elmélet, amely általános érvényű közös alaptörvényekre támaszkodik. Ilyen közös alaptör-



A Borda féle veszteség szemléletes ábrázolása

10. ábra

vények felismerése újabb irányt szabhat a tudományos kutatásnak, de ennek alapfeltétele a vízépítő-mérnök és a vízgépész szoros együttműködése.

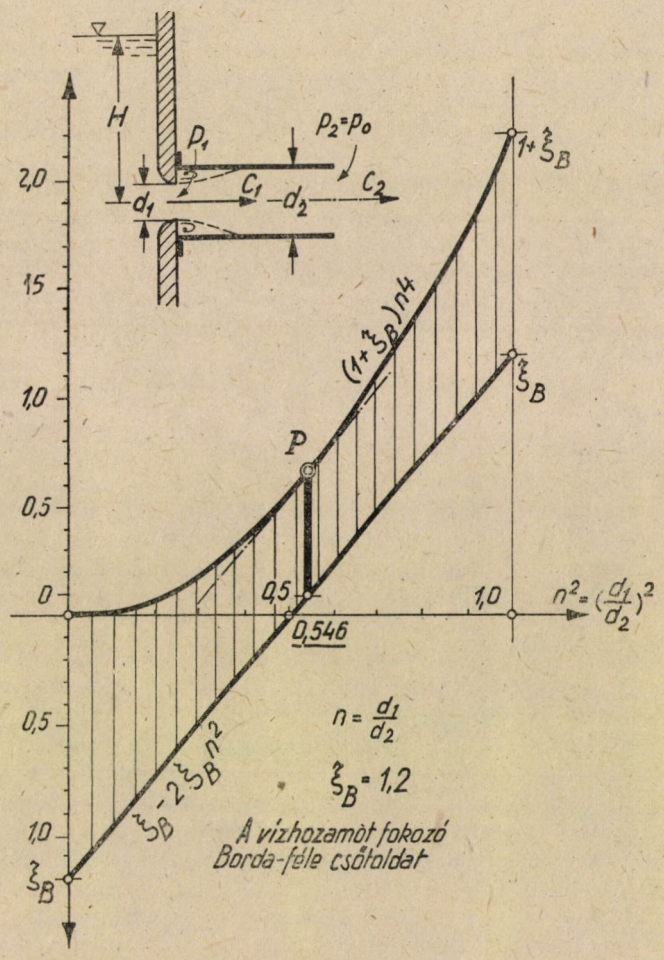
Hozzászólásom ez alkalommal csupán egy egyszerű módszertani kérdésre vonatkozik. Az öntözővízmérés történetéből vett példa kapcsán az elméleti eredmények szemléletes megvilágítására alkalmas egyszerű ábrázolási módot ismertetek.

Az Ókorban, a Nílus völgyében — mint tudjuk — az öntözővizet állandó H tükörmagasság tartásával a csatorna oldalfalán készített d_1 átmérőjű kifolyónyílás f_1 keresztmetszetével adagolták.

Ez a vízmérési mód nem felelt meg az előadásban felsorolt követelmények második pontjának, mert a vízkivételt fokozó u. n. *Borda-féle* csőtoldat felhasználásával a mérés eredménye *befolyásolható.*

Módszertani szempontból érdekes ennek a kérdésnek mennyiségi megvilágítása, mert a csőtoldat d_2 átmérőjének növelésével csakhamar eljutunk a vízkivétel legnagyobb értékéhez.*

Az f_2 keresztmetszet további megnövelésével ugyanis a csőtoldatnak az



11. ábra

esést (megszívással) fokozó hatása a Borda-féle veszteségek fedezésére már nem elegendő.

A hirtelen keresztmetszet-bővülésből származó h_B *Borda*-féle veszteségmagasság — mint tudjuk — az ugrásszerű $(c_1 - c_2)$ sebességapadás négyzetével

* *Pattantyús Á. Géza:* Gyakorlati áramlástan, 105. oldal

arányos, nagysága tehát egy c_1—c_2 élhosszúságu négyzet területével ábrázolható. Írható:

$$h'_B = \xi_B \frac{(c_1 - c_2)^2}{2g}; \text{ ahol a kísérleti állandó: } \xi_B \geqq 1.$$

A veszteségmagasságnak ezt az ábrázolási módját a 10. ábra kétféle keresztmetszet-arányra ($c_1/c_2 = 0{,}75$ és $c_1/c_2 = 0{,}25$) mutatja. Ez szemléletes képet ad a csőtoldatban végbemenő energiaátalakulások lefolyásáról is. A c_1 élhosszúságú négyzet terület ugyanis a csőtoldatba belépő víz lendületével arányos. Ebből megmarad a c_2 sebességgel kilépő víznek a c_2 élhosszúságú négyzet területével arányos lendülete és hővé alakul a vonalkázott területtel ábrázolt Bordaféle veszteség. Végül a visszamaradt két négyszög-terület a belépőlendületnek potenciális energiává átalakult részét ábrázolja.

A Bernoulli-egyenlet felírásával végezhető energetikai számítás menetét itt nem közlöm, csupán annak eredményét ismertetem a 11. ábra kapcsán. Eszerint $\xi_B = 1{,}2$ tényezővel a legnagyobb vízkivételt biztosító átmérő-arány: $d_2/d_1 = 1{,}35$ és ezzel a vízhozam kerek 35%-kal növelhető a kifolyónyílás bővítése nélkül.

Végül még magához az előadás tárgyához csak annyit kívánok hozzátenni, hogy a vízgépészek is örömmel veszik tudomásul az I.sz. vízépítéstani tanszék tudományos és kísérleti kutatásainak eredményeit, mert egy megbízható, viszonylag olcsó, lineárisan mutató vízmérőberendezés nemcsak az öntözővízgazdálkodásnak, hanem a vízerőművek és szivattyútelepek korszerű üzemellenőrzésének is nélkülözhetetlen eszköze.

LÁSZLÓFFY WOLDEMÁR

I. A rendelkezésünkre álló legutolsó statisztika szerint Magyarország 1949. évi öntözővíz fogyasztása mintegy 536 millió köbméter volt. A kataszteri holdanként elfogyasztott átlagos vízmennyiség — 11 600 m³ — a szakértők szerint a pazarlás határán jár. Az öntözővíz önköltségéről nincsenek pontos adataink, de semmiesetre sem túlzás, ha köbméterenként 10 fillért számítunk, vagyis az egész idény vízfogyasztási költségének országos összegét 53 600 000 forintra tesszük. Egészen bizonyos, hogy ha az öntözőgazdaságoknak pontosan az elfogyasztott vízmennyiségnek megfelelő térítést kellene fizetniök, jobban takarékoskodnának a vízzel. Ha csak egyetlen százalékkal sikerülne a vízfogyasztást csökkenteni, ez évi félmillió forintot jelentene, de bizonyos, hogy a vízfogyasztás csökkentése 1%-nál jóval nagyobb mérvű is lehet.

A városi közművek üzemi tapasztalataiból tudjuk, hogy mindaddig, amíg az átalány-rendszerről át nem térnek a mért fogyasztás szerinti elszámolásra, egészen oktalan pazarlás folyik. De egyszerre takarékos lesz mindenki, ha a túlfogyasztás zsebbe vág. Ha az öntözéses gazdálkodás terén bevezetjük az önálló számadású egységek rendszerét, — aminek nélkülözhetetlen alapja a vízfogyasztás folyamatos mérése, — a fentemlített holdankénti 11 600 m³-es fogyasztás valószínűleg 10 000 m³ alá fog leszállani. Ez nemcsak jelentékeny megtakarítást jelentene, hanem egyes öntözőrendszereinkben, — például a Körösök völgyében, vagy a tiszafüredi rendszerben, ahol szűkében van már a víz, — az öntözött

terület kiterjesztésének lehetőségét is. Az öntözővíz mérése tehát igen nagyjelentőségű gazdasági kérdés, amire jellemző, hogy az idevágó szovjet irodalom állandóan napirenden tartja.

II. A vízmérésnek számtalan megoldását ismerjük, de éppen ez mutatja, hogy a tökéletes megoldást eddig még nem sikerült megtalálni. A legjobban bevált mérőberendezések általában elég költségesek, nem számíthatnak tehát általános elterjedésre. A mezőgazdasági kisüzem nem bírja meg még egy kisebb műtárgy, vagy regisztráló berendezés költségét sem, és a nagyüzem is idegenkedik az újszerű, a gazdálkodást közvetlenül nem érintő berendezések bevezetésétől. Ezért a mérési technika újabb és újabb, *lehető egyszerű megoldások* után kutat, és *hajlandó az egyszerű és olcsó megoldás fejében néhány százalék engedményt tenni a pontosság rovására.*

III. A szerkesztésemben megjelenő »*Vízügyi Közlemények*« tervszerűen foglalkozik a vízmérés, és különösen az öntözővízmérés kérdésével, amit legjobban az előadó hivatkozásai igazolnak* Az 1951. II. számban jelenik meg »*A bukógáttal való vízhozammérés*« című összefoglaló tanulmányom, amelynek a következőkben néhány részletére hivatkozom.

IV. A különböző vízmérő-berendezések között nem lehet szigorú értékelési sorrendet felállítani. Egyik esetben ennek, másikban annak a használata előnyösebb. Így a mérőbukó jól használható pl. akkor, ha gravitációs rendszer esetén, lépcsős terepen, az esésveszteség nem esik nagy súllyal a latba, vagy ott, ahol a mérőbukót tiltótáblák hornyába tudjuk könnyen beilleszteni. Jól használható a mérőbukó hordozható alakban, kisebb csatornákban is, ahol egyszerű síklapból áll és különösebb utófenékbiztosításra nincs szükség. De foglalkozni kell a mérőbukóval azért is, mert régi, elfogadott mérőeszköz, amelynek átbukási tényezőjéről minden zsebkönyv táblázatot ad, és így sokkal nagyobb bizalommal vannak iránta, mint az újabbrendszerű mérőberendezések iránt.

1. Természetesen nem szabad semmiféle mérőeszközt úgy használni, hogy ne ismerjük a mérés hibaforrásait. Ez alól a követelmény alól nem kivétel a mérőbukó sem, mert amint látni fogjuk, *téves az a közhit, hogy a mérőbukó 1—2%-ra pontosan megadja a rajta átbukó vízhozamot.* Ez az irodalomban általánosan elterjedt megállapítás csak a laboratóriumi kísérletekre vonatkozik.

A gyakorlatban már a bukóél legcsekélyebb kopása, pl. rozsdától való megtisztítása, 1—2%-os hibát jelent. Ugyanilyen nagyságú befolyása lehet a bukólemez homlokfalán kiálló csavarfejeknek, vagy más, az áramlást zavaró szerkezeti részeknek, és annak is, ha a bukólemez előtt a vízfolyás hordalékából előlejtő képződik. *A vízmérés legfőbb hibaforrása* azonban *az átbukó vízsugár alakjának megváltozása és az egyenlőtlen vízhozzááramlás.*

Ha az átbukó vízsugár alatt légritkulás következik be, *nyomott vízsugárról* van szó, aminek folytán a *vízhozam, azonos felső vízállás mellett, 10—20%-kal emelkedhetik.* Ilyen, sőt ennél nagyobb nagyságrendű hibát okoz a tapadó vízsugár is. A nyomott vízsugár alig tér el a szabadon átbukó vízsugártól és ezért csak laboratóriumi üvegcsatornában könnyű felismerni. Külső méréseknél,

* *Hidvéghy László:* A belvízátemelő telepek által szállított vízmennyiségek folyamatos mérése. (Venturi-csatornák). »*Vízügyi Közlemények*« 1948. 4. sz.

Pikalov F. J.—Szesztay Károly: Osztott rendszerű vízmérővel egybeépített öntözővízkivételi csilipek, »*Vízügyi Közlemények*« 1950/1—2. szám.

Barban A. K.—Szesztay Károly: Hordozható vízmérő szivornyák alkalmazása az öntözőgyakorlatban. »*Vízügyi Közlemények*« 1951. I. szám.

amikor csak felülről szemléljük a vízsugarat, alig felismerhető, ami hibás számításra vezethet.

Még ennél is nagyobb hibát okoz *az egyenlőtlen vízhozzááramlás.* Az irodalomban ismertetett kísérletek során *26 százalékos eltéréseket is találtak* azonos felső vízállásnál.

2. Az elmondottak az oldalszűkítés nélküli szabatos mérőbukóra vonatkoznak. Ha a gyakorlati mérnök »kicsire nem néz«, és csak nagyjából utánozza a bukógát-képletek levezetésénél használt kísérleti elrendezéseket, a hiba lényegesen nagyobb is lehet. Különösen áll ez *az oldalról szűkített és a háromszögletű bukónyílásra.* Az ezekre vonatkozóan az irodalomban található átbukási tényezők, szigorúan véve, csak a kísérleti elrendezésekre vonatkoznak. Az átbukási tényező ugyanis az érkezési sebességtől, vagy másként az átbukó vízsugár keresztmetszeti területének a hozzávezető csatorna keresztmetszeti területéhez való viszonyától függ, amelyet az irodalomban szereplő képletek egyike sem vesz pontosan figyelembe.

3. Gyakorlati kartársaink valószínűleg erőltetettnek tartják az előadó által említett *Di Ricco*-féle lineáris, vagy közkeletűbb néven *proporcionális bukót.* Ülepítő és derítő medencékkel kapcsolatban azonban nem egyszer alkalmazzák, mert segítségével biztosítani lehet, hogy az ülepítőmedencén átáramló víz sebessége az érkező vízhozam nagyságától független állandó. Nálunk az ülepítő helyes működésének ezt az alapvető feltételét a medence keresztmetszetének megfelelő kialakításával elégítik ki, ami valószínűleg költségesebb, mint a proporcionális bukó elkészítése. A következőkben még a proporcionális bukó egyszerűbb alakját is említeni fogom.

V. Az indiai öntözőgyakorlatban a mult század 90-es éveitől alkalmazott és az első világháború idején elterjedt *Venturi-csatornát* Európában a szennyvíztisztító-berendezésekkel kapcsolatban kezdték alkalmazni, mert hordalékos vízben is zavartalanul működik. A 30-as évek elején a műszaki folyóiratok többször foglalkoztak vele. Ekkor figyeltem fel reá, és 1935-ben a toulouse-i *Institut Electrotechnique* laboratóriumában, *Camichel* professzor engedélyével kísérleteket is végeztem vele.* Toulouse-i kísérleteimet síkvonalozású mérőcsatornákkal végeztem, mert az egyszerű kivihetőséget tartottam szem előtt, még a kevéssel nagyobb esésveszteség árán is. (12. és 13. ábra).

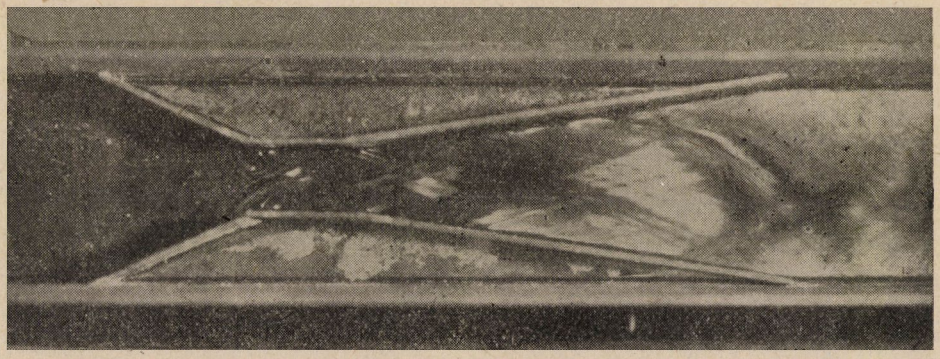
1937-ben a szarvasi Mezőgazdasági Szakiskola kísérleti öntözőtelepén építettük meg az első gyakorlati célokra szánt Venturi-csatornát, amely azonban nem volt helyesen méretezve és így nem vált be. Egyéb elfoglaltságom miatt a kísérletek akkor félbemaradtak.

1. A Venturi-csatorna használata csak akkor egyszerű és kényelmes, ha a mérőszűkületen a határmélységgel folyik át a víz, amit a szűkület mögötti vízugrás jelez. Ha az alsó vízszín magas, vagyis az alulról befolyásolt lefolyás esete áll elő, a vízszállítást már csak az alsó és felső vízszín együttes figyelembevételével tudjuk számítani. A számítás annál bizonytalanabb, minél nagyobb a h_a/h_f tört értéke (h_f = a felső vízszínnek, h_a = az alsó vízszínnek a fenék fölötti magassága). Az alsó vízszínnek a befolyása $h_a/h_f > 0{,}7$ esetén következik be és $h_a/h_f > 0{,}95$ esetén már az alsó vízszín mérésével sem érünk el eredményt. Az alsó vízszín visszaduzzasztásának lehetőségét fenéklépcső közbeiktatásával

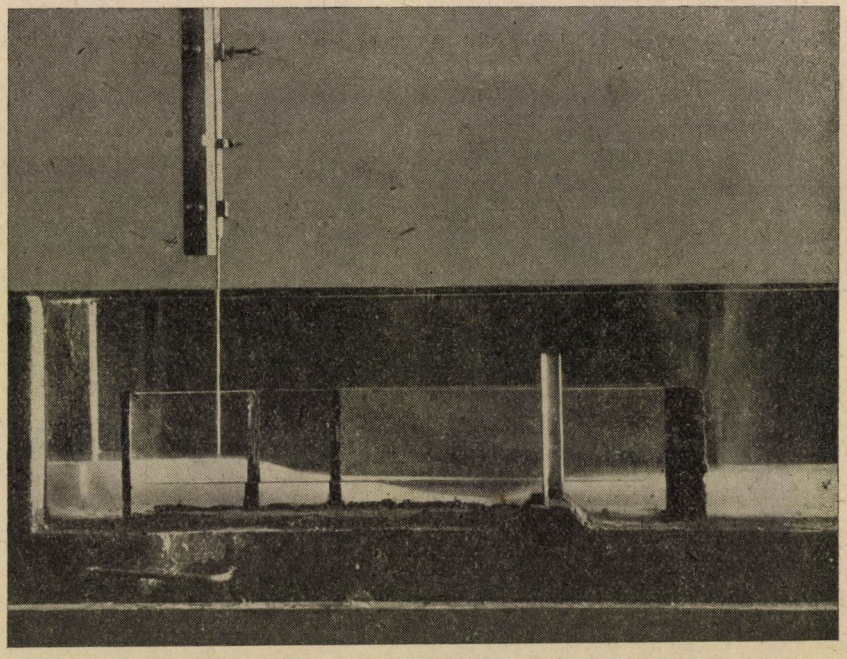
* *Lászlóffy W.:* Nyilt csatornák vízszállításának mérése mederszűkítéssel. *Vízügyi Közlemények,* 1935. 4. szám.

küszöbölik ki. Az indiai mérőberendezések rendesen ilyenek, és fenéklépcsőt alkalmazott *Parshall* is.

2. Mivel az öntözőgyakorlatban a mérőberendezéseket tömegesen kell



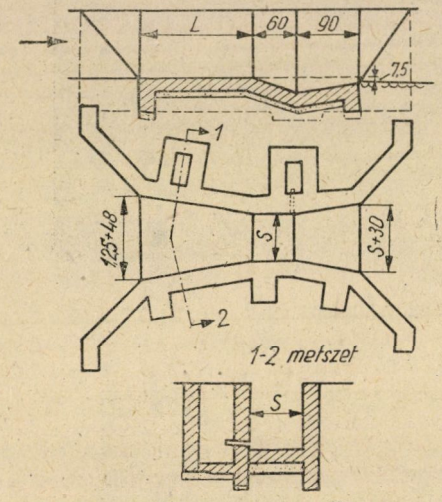
12. ábra. Síkvonalú Venturi-csatorna felülnézetben



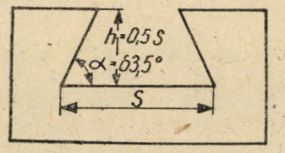
13. ábra. Üveglapokból készült síkvonalozású Venturi-csatorna. Jól látható a vízugrás

alkalmazni, az esetenkénti hitelesítés kiküszöbölése céljából típusok kialakítására törekedtek, amelyeknek állandóját laboratóriumi kísérletekkel határozták meg. A szabványos mérőszűkületek kialakításában igen figyelemreméltó

a *Közép-Ázsiai Öntözéstudományi Kutatóintézet* (Szaniiri) munkássága, amelyről *Jarcev V. I.* számol be.* *A Kutatóintézet valamennyi szabványos mérőcsatornatípusa síkvonalozású* és így fából is előállítható, ha pedig betonból készítik, mintája könnyen elkészíthető. (14. ábra). Méretezésükre kényelmesen használható táblázatok szolgálnak és az átbukó vízhozam számítására — az alulról



14. ábra. A Középázsiai Öntözéstudományi Kutatóintézet síkvonalozású szabványos mérőcsatornája



15. ábra. Butürin M. V. proporcionális mérőbukója

befolyásolt átfolyás esetét is beleértve — nagyszámú kísérletből levezetett tapasztalati képletet adnak.

3. A Közép-Ázsiai Kutatóintézet ajánlotta mérőbukók között szerepel egy *Butürin M. V.*-től származó egyenesvonalozású, *gyakorlatilag lineáris* megoldás is, amely megadott határok között teljesen pótolja a Di Ricco-féle görbevonalozású bukót és annál lényegesen könnyebben állítható elő (15. ábra). Nyilvánvalóan nincs akadálya annak, hogy ugyanilyen szelvénnyel, az előadó által bemutatott lineáris mérő-csatornához hasonlóan lineáris, de egyszerűbb mérőberendezést készítsünk.

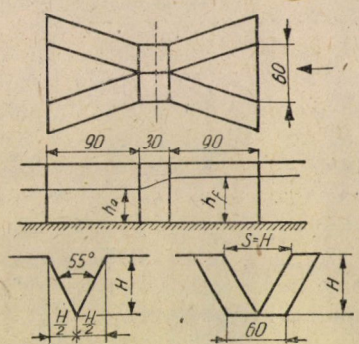
4. A Közép-Ázsiai Kutatóintézet szabványos típusai között szerepel még két, rendkívül figyelemreméltó megoldás. Az egyik a 10—350 liter/sec vízhozamok mérésére szerkesztett háromszögszelvényű mérőcsatorna, amely csökkenti a vízállás-leolvasás hibájának befolyását (16. ábra). A másik egész rövid mérőszűkület, voltaképpen olyan Venturi-csatorna, amelynek alsó, kitáguló része elmaradt (17. ábra).

Ezeknek a kis mérőberendezéseknek *legfőbb előnye a síkfelületű megoldás*, amely folytán *előregyártott elemekből* is könnyen előállíthatók. Sőt el tudnók képzelni, hogy tömeges alkalmazásra *azbesztcementből* készítsünk mérőcsator-

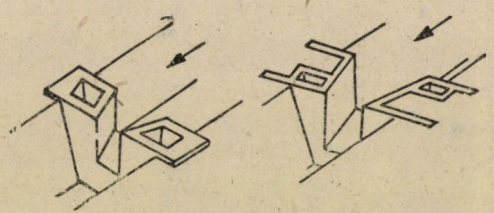
* *Jarcev, V. N.:* Ekszploatacionnaja Gidrometrija. Moszkva, Szeljhozgiz, 1951.

nákat, — különösen a legutóbb említett rövidmintájúból, — kis csatornákon való alkalmazásra. Azbesztcementből görbe felületekkel határolt, tehát áramlástani szempontból előnyösebb mérőcsatornákat is lehetne tömegesen készíteni. Figyelemmel kell azonban lenni arra, hogy a bemutatott szovjet-típusoknak az állandói ismeretesek és így alkalmazásukra külön kísérletek nélkül is gondolhatunk.

VI. Végezetül fel kell hívnom a figyelmet arra, hogy az öntözőgyakorlatnak nemcsak vízmérőműszerre, hanem tömegcikkszerűen előállítható olcsó *folyamatos iró, vagy számlapos regisztráló berendezésre*, továbbá *víz-kiméró, adagoló berendezésekre* is szüksége van. A szovjet kutatók ezen a téren is igen figyelemreméltó megoldásokkal szolgálnak és az egyszerű regisztrálóberendezésre kitűnő példa az előadó említette *Pikalov F. J.*-féle megoldás. A vízkimérő berendezések tekintetében különösen *Butürin M. V.* gazdagította a gyakorlatot néhány igen szellemes megoldással. A vízadagoló-berendezésekkel kapcsolatban jut különösen



16. ábra. A Középázsiai Öntözéstudományi Kutatóintézet háromszögszelvényű szabványos mérőcsatornája



17. ábra. Egyszerű, rövid mérőszükület (Szaniiri-típus)

nagy jelentőséghez a vízmérőberendezésekkel szemben támasztott az a követelmény, hogy illetéktelen beavatkozással ne lehessen működésüket zavarni. Ebből a szempontból az észak-afrikai öntözőhálózatokban alkalmazott *önműködő vízszínszabályozó és vízosztóberendezések* érdemelnek figyelmet. Az ott alkalmazott szerkezetek elvi megoldását ismerjük. Laboratóriumainkban tehát könnyen meg lehetne szerkeszteni a megfelelő hazai típusokat.

SZILÁGYI GYULA

Az öntözővíz mérésére szolgáló berendezésekről elhangzott előadáshoz elsősorban a magyar alföldi öntözések szempontjából kívánok hozzászólni, és először is kiemelem a mérőberendezések vizsgálatának ma, ötéves tervünk második évének végén, időszerű jelentőségét.

Az öntözővíz mennyiségének mérése többféle okból szükséges. Ezek között elsősorban említendők : a költségek méltányos elosztása céljából a vízdíj helyes megállapításának szempontja ; az öntözővíz szétosztási üzemének érdeke, aminek célja a szállítás közben fellépő szivárgási és párolgási veszteségek meg-

állapítása ; és a legfontosabb szempont az öntözés okszerű gyakorlásának irányítása, mert a vízmennyiség mérése nélkül, az öntözendő területre juttatandó vízről helyes képet nem lehet alkotni.

A felhasznált öntözővíz mennyisége tekintetében a mi öntözéseinknél kezdetben tökéletes tájékozatlanság uralkodott. Tapasztalat szerint a szükségesnél kevesebb víz adagolása nem szokott előfordulni, ez csak vízhiány idején áll elő, amikor ezen a hiányon nem áll módunkban segíteni. Ellenben csaknem minden öntözőrendszer fejlődésének kezdeti szakában az optimálisnál jóval több víz adagolásának a helytelen gyakorlata fejlődik ki. Ugyanis az öntöző gazda azt hiszi, hogy minél több vizet juttat a földjére szárazság idején, annál jobb eredményt ér el.

Az öntözővíz felhasználásának ilyen helytelen felfogásból eredő, túlságos mértékű adagolása következtében sok helyen mutatkoztak már a túlöntözés káros következményei : a talajvízszín fokozatos emelkedése, az öntözött terület elvizenyősödése, és ennek folytán bekövetkezett a terméseredmények csökkenése.

Nálunk az alföldi kötött szikes talajokon államilag létesített öntözőrendszereken belül az öntözés nagyobb arányú gyakorlásának mintegy tízéves multja van, és ennek kifejlődése a felszabadulás után bevezetett tervszerű gazdálkodással vett nagyobb lendületet. Túlöntözésről még nincsenek panaszok, — mert kezdetben csaknem kizárólag rizsöntözések voltak, ami kötött talajon telepíthető és a tenyészidőben állandó elárasztást igényel, — de vízpazarlásról annál inkább beszélhetünk. Ennek mértékére nézve azonban közelebbi adatunk nincsen, vagy legalábbis nem volt, mert pl. a tiszafüredi öntözőrendszerben a kiszolgáltatott vízmennyiségről csak a szivattyútelep teljesítménye adhatott képet, de a hosszú csatornahálózat mentén fellépő veszteségekről és az egyes öntözött területek vízfogyasztásáról közelebbi adat nem állt rendelkezésre.

Köztudomású, hogy a mi országunk vízben szegény, tehát az öntözővíz okszerű adagolása nálunk nemcsak gazdasági vagy öntözéstechnikai kérdés, hanem népgazdaságunk tervszerű fejlesztésének egyik döntő tényezője.

Az öntözővíz mérése lehetővé teszi az öntözővízzel való takarékoskodást, illetve az optimális mennyiség okszerű adagolását, ami egyfelől lehetőséget nyujt az öntözéses gazdálkodásnak — természeti adottságaink korlátai között — a legnagyobb területen való bevezetésére, másfelől elejét veszi a túlöntözés okozta káros következményeknek.

Az öntözővíz mérésére szolgáló berendezések problémája előtérbe lépett mindenütt, ahol az öntözések fejlődése lendületet vett, és ennek szükségessége ösztönző és irányító hatást gyakorolt a hidraulikai kutatásra.

Így alakultak ki az északolaszországi és délfranciaországi öntözések nyomán a víz-modulusok és a mérőbukók, az indiai öntözéseknél kifejlődött a nyílt felszínű Venturi-csatorna, és a szovjet öntözések létrehozták a Pikalovféle osztott rendszerű vízmérőberendezést, a szovjet öntözések egyik specialitását.

A hazai öntözőrendszereknél mutatkozó, legtöbbször igen kis esésnek megfelelő magyar mérőberendezések kialakítása, vagy legalábbis megállapítása a gyakorlat igényeit pontosan mérlegelő hidraulikai kutatás feladata. E téren Németh professzor kezdeményező lépést tett, amikor az I. sz. Vízépítéstani Tanszék laboratóriumában az Arredi olasz hidraulikus által javasolt Venturi-csatornának háromféle méretű kismintában végrehajtott kísérleti vizsgálatát elvégezte.

A kísérletek igazolták Arredi állítását, a lineáris skálájú Venturi-csatornára vonatkozóan. Ez a szempont azonban nem érvényesülhet a vesztett magasság

rovására, ami az alföldi öntözéseknél a legfontosabb kérdés. Arra vonatkozóan, hogy az Arredi-féle Venturi-csatornában előálló magasságveszteség hogyan viszonylik a nem lineáris skálájú Venturi-csatorna esésveszteségéhez, az előadás nem nyujtott felvilágosító adatot. A Venturi-csatorna lineáris skálája minden esetre előnyös, de az alföldi öntözéseknél elsősorban a mérőberendezés beiktatásával elvesztett magasság kell, hogy irányadó legyen.

Véleményem szerint a magyar viszonyoknak megfelelő öntözővízmérő berendezés kialakítása érdekében az eddig kialakult, ismeretes módszereket összehasonlító vizsgálat alá kellene venni. Ezzel kapcsolatosan mindenek előtt súlyozni kell, illetve a hazai öntözések szempontjából fontossági sorrendbe kell állítani azokat a mérőberendezéssel szemben támasztott kívánalmakat, amelyeket Németh professzor szabatosan megjelölt.

Az összehasonlító vizsgálatokból eleve ki lehet hagyni a tökéletes átbukással működő mérőbukókat, mert ezek az átbukó vízsugár vastagságánál, az u. n. átbukási magasságnál nagyobb esésveszteséggel dolgoznak. Elsősorban a Venturi-csatornával — esetleg annak éppen az Arredi által javasolt típusával — és a Pikalov-féle osztott rendszerű mérőberendezéssel kellene összehasonlító kísérleteket végezni.

De be lehetne vonni a vizsgálatok körébe a víz-felszín alatt történő egyszerű átfolyási nyílás elvén alapuló berendezést is, aminek az az előnye is lenne, hogy a mérési szelvénybe beépítendő zsilip táblájában lehetne változtatható nagyságú mérőnyílást kiképezni. Ha ennél a berendezésnél az alsó és felső vízszín közötti különbség észlelésével, kis esésveszteséggel meg lehetne oldani a vízmennyiség mérését kielégítő pontossággal, ez módszer azzal az előnnyel is járna, hogy az osztott rendszerű mérőberendezés vízmérő órája elmaradna.

Az ilyen összehasonlító vizsgálatok bizonyára irányt mutatnának a magyar viszonyoknak megfelelő korszerű vízmérő berendezés kialakításához, és úgy látszik, hogy ezen a téren az I. sz. Vízépítési laboratórium eredményes kezdeményezése után a kutató vizsgálatnak tágkörű lehetősége nyílik.

FAZEKAS KÁROLY

Kétségtelen, hogy az elhangzott előadás gyakorlati célt szolgált. Hogy a gyakorlatban meg is valósíthassuk, — mint Lászlóffy említést tett róla, — ezeknek a méréseknek regisztráló formában kell történniök. Ezeknek a berendezéseknek a kérdése — különösen nálunk — még nem tekinthető megoldottnak. Problémák adódnak a rajzoló vízmérce tekintetében is. Ezeket a berendezéseket nagy tömegben kell előállítani. (Az észlelés hiányos és megbízhatatlan.) A szerkezetnek olcsónak kell lennie. A Pikalov-féle mérőóra, ahol tulajdonképpen a vízvezetéki vízfogyasztásnál alkalmazott szerkezet felhasználásáról van szó alkalmasnak látszik, azonban kérdés, hogy ez a mérőóra hordalékos vízben működve, kellően pontos és megbízható-e. Ha visszatérünk azokra a szerkezetekre, amelyeket Németh és Lászlóffy ismertetett, látjuk, hogy a gyakorlatban a regisztráló-berendezés is szükséges és ennek érzékenynek kell lennie ahhoz, hogy pontos lehessen.

Szükséges lenne, hogy a folytatandó kísérletek során az észlelőberendezésekkel kapcsolatos kísérletek is folyjanak, és itt szerencsés körülmény, hogy a Műegyetem I. sz. Vízépítéstani tanszékén működik a kísérleti műhely. Ennek a feladata, hogy az említett kísérletekkel párhuzamosan a mérőberendezések

kialakítását is igyekezzék olyan színvonalon megoldani, mint amilyen fokon a hidraulikai vizsgálatok vannak. A Vízrajzi Intézet ebben az ügyben előterjesztést fog tenni a Magyar Tudományos Akadémia Műszaki Tudományok Osztályához.

KOVÁCS GYÖRGY

Németh professzor előadását, melyben igen érdekesen foglalta össze az öntözővíz mérésére szolgáló berendezéseket, mind öntözési, mind pedig a vízmérési módszerek szempontjából már előttem többen méltatták. Nem esett azonban a végzett kísérleteknek a módszertani jelentőségéről szó. Erre kívánok néhány szóval rámutatni.

Már régóta felmerült a laboratóriumban dolgozó és a modellhidraulikával foglalkozó szakemberek között a többléptékű modell készítésének szükségessége a modelltörvények ellenőrzése végett. Úgy tudom, laboratóriumainkban ez az első ilyen kísérlet és én ebből az alkalomból üdvözlöm az előadást.

Azt kívánom csupán megkérdezni az előadótól, hogy megkísérelték-e a különböző léptékű modellnél különböző felületi érdességet alkalmazni, hogy az átszámításnak a pontosságát növeljék. Ismert tény ugyanis, hogy a Froude-féle törvény alapján átszámított kísérleteknél a súrlódó erők hatását, amelyeket Reynolds törvénye alapján kellene számítani, torzítva kapjuk. Ennek a torzításnak a mértékét csökkenthetjük, ha a felületen való súrlódást a mederérdesség megfelelő számítással történő felvételével befolyásoljuk. Erre több eljárást is ismerünk, célszerű lenne tehát ezeket a kísérleteket ilyenmódon hajtani végre.

SZESZTAY KÁROLY

A *Pikalov*-féle mérőberendezéshez kapcsolódva bejelentem, hogy annak ismertetését magyar nyelven, újítási javaslatként beadtam. Ilyen mérőberendezés beépítése folyamatban van a dunabogdányi telepen és tavasszal kerül kipróbálásra. A szovjet könyv is felhívja a figyelmet a hordalék iránti érzékenységre és ott hordalékos víz esetében szitahálóval védekeznek. Tavasszal már magyar vonatkozású tapasztalat és adat is rendelkezésünkre fog állni.

FINÁLY LAJOS

Az előadó és a hozzászólók a felmerült kérdést sok oldalról megvilágították. A magam részéről szeretném az elhangzottakat a vízmérésnek a szennyvíztechnikában való alkalmazásával kiegészíteni. Éppen a szennyvíztisztításnál van nagy szerepe a Venturi-rendszerű vízmérésnek, mert nem okoz hordalékvisszatartást. Újszerű volt itt számomra annak a ténynek megismerése, hogy proporcionális *Venturi*-rendszerű vízmérést is lehet alkalmazni. A *Venturi*-csatorna megtervezése állandó gondot jelent, s ezzel kapcsolatban az a javaslatom, hogy a Műegyetem laboratóriuma dolgozzon ki egészen határozott, célszerűen használható olyan megoldást, amelyet tervezéseinknél rendszeresen használni tudnánk.

NÉMETH ENDRE válasza

Szilágyi professzor aziránt érdeklődött, hogy a normális Venturi-veszteséghez hogyan aránylik a lineáris skálájú Venturi-csatorna vesztesége. Erre azt válaszolhatom, hogy a kétféle Venturi-csatorna vesztesége azonos értékek körül

mozog. Az Arredi-féle befolyási fejnél nagyobb veszteségek mutatkoztak. Mi ezt módosítottuk és így jobb eredményeket kaptunk, mert a veszteségeket lényegesen le tudtuk csökkenteni.

A szovjet idodalom általam áttanulmányozott elég terjedelmes és magas színvonalú hidrológiai és hidrometriai műveiben a *Lászlóffy* által bemutatott típusok nem fordultak elő, ezért az ő felszólalása hézagpótlóan egészítette ki az előadást. A berendezés hordozhatóságát mint előnyt említette Lászlóffy. Ezzel kapcsolatban megjegyzem, hogy a mi berendezésünk is készíthető hordozható kivitelben, mert szétszedhető darabokból is előállítható, tehát akárhol fel lehet állítani és ismét továbbvinni, ha más helyen van rá szükség. A sík lapokkal való helyettesítést lineáritás szempontjából nem tartom kedvezőnek, de ki fogjuk kísérletezni. A bukónál 2—3 törtvonallal meg lehetett közelíteni a linearitást, a Venturi-csatornánál azonban kényesebb a helyzet. A vízhozamregisztrálással kapcsolatban éppen az a nagy előnye ennek a berendezésnek, hogy azt megoldja, mihelyt jó, egyszerű és pontos vízállásrajzolót elő tudunk állítani, mert a két mennyiség között a kapcsolat lineáris. Ezeknek a kérdéseknek megoldásához szükség van arra, hogy a műhelyünk még aktívabban működhessék. Már most is elő tud állítani a műhely olyan műszereket, amelyek nagy műszerüzemeknek is becsületére válnak, de nagyobb helyre volna szükségünk, több műszerészt kellene beállítani ahhoz, hogy eredményesen működhessenek, és a hely nagyon szűk. Nem segíthetünk magunkon úgy, hogy megrendelt darabokból állítsuk össze a berendezést, mert akkor 6—7 hónapos késedelmekkel kellene számolni. Az Akadémia Műszaki Osztályához fordulunk azzal a kéréssel, hogy tegye lehetővé, hogy megfelelő helyiséget kapjunk.

Kovács György megjegyzése az érdességre vonatkozólag nagyon helyénvaló, mert az érdesség valóban fontos szerepet játszik, de az első, gyorsan folyó kísérletnél nem lehetett a különböző érdességek hatását vizsgálni. Mindenesetre gondoltunk rá : az első modell gyalult volt, a második már festett. A következőkben erre a szempontra is ki fogunk térni.

Fazekas Károly hozzászólásával kapcsolatban rámutatok arra, hogy az a szándékunk, hogy olyan tervezési eljárást dolgozzunk ki, ami lehetővé teszi a tömeges előállítását olyan berendezéseknek, amelyeknek típusszerű hitelesítése laboratóriumban történhetik.

A Pikalov-mérőre vonatkozólag *Szesztay Károly* által említett hazai vizsgálat éppen tanszékünkön tartott értekezleten határoztatott el és nagy érdeklődéssel nézünk az eredmények elé.

Finály Lajos kívánságát illetőleg, hogy t. i. tanszékünk dolgozzon ki a *Venturi*-csatornák szennyvizek mérésére alkalmas alakjára megfelelő modellt, készséggel állunk rendelkezésre, és véleményem szerint ez a lineáris modell igen alkalmas lesz erre a célra.

A CSAPADÉK ÉS HŐMÉRSÉKLET HATÁSA A TALAJVÍZTÜKÖR VÁLTOZÁSÁRA

BOGÁRDI JÁNOS

Talajvíz alatt a talaj pórusait kitöltő, összefüggő, nyomás alatt nem álló és csupán a hidrosztatikus nyomás törvényeit követő földalatti víztömeget értjük. Az így értelmezett talajvíztömegnek a felülről számított első vízzáró réteg felett összegyülemlett részével foglalkozunk, vagyis ezt a talajvíztömeget felülről határoló *talajvíztükörnek* a változásait vizsgáljuk.

A talajvíztükör magassága nemcsak a hely szerint, hanem az idő szerint is változik. Ha megfigyeljük egy-egy helyen, — rendszerint u. n. talajvízszintészlelő kutakban, — a talajvíztükör változását, akkor azt találjuk, hogy a talajvíztükör hol magasabb, hol pedig alacsonyabb szinten helyezkedik el. Első rátekintésre a talajvíztükörnek ez a változása teljesen rendszertelennek látszik. Több ilyen talajvízszintkút észlelései alapján azonban megállapíthatjuk, hogy nemcsak a hely szerint, hanem az idő szerint is bizonyos törvényszerűség mutatkozik a talajvíztükör változásában. A változások mérve és menete a földrajzi hely szerint más és más lesz. A változásoknak megfelelően különböző talajvíztípusokról beszélhetünk. Hazai viszonylatban leggyakoribb az ú. n. *beszivárgásból táplálkozó talajvíztípus*, amelyet ősztől tavaszig emelkedő talajvíztükör, a fokozatos és állandó nyári vízfelhasználás és párolgás következtében pedig a nyár elejétől süllyedő talajvíztükör jellemez. A *Nagy Magyar Alföldön* emellett képviselve van még a kontinentális jelleg hű kifejezője: *a közepes és nagy mélységű normáltípus, az erdei talajvíztípus* és végül *az esőzésből táplálkozó talajvíztípus is*. Nyilvánvaló, hogy az egyes talajvíztípusoknál más és más a talajvíztükör változásának miként je. Ezzel a megkülönböztetéssel azonban mostani tanulmányunkban nem fogunk élni és általánosságban vizsgáljuk a magyar Alföldön a talajvíztükör-változásokat.

Mindazok a körülmények, amelyek a talajvíz táplálását, illetőleg a talajvízkészlet fogyasztását felidézik, felfoghatók a talajvíztükör-változások okaiként is.

A talajvizet elsősorban a légköri csapadék táplálja. A földre hulló csapadék beszivárogva a talajba, táplálja a talajvizet és ezáltal a talajvíztükör emelkedését eredményezi. Minél nagyobb a lehulló csapadék, várhatóan annál nagyobb lesz a talajba való vízbeszivárgás és így annál nagyobb talajvízszinemelkedéseket várhatunk. Természetesen ugyanabból a csapadékmennyiségből az egyes évszakokban más és más beszivárgó vízmennyiség táplálja a talajvíztükröt. A talajvíztükör táplálását befolyásolja a felszíni lefolyás, a párolgás

és a növényzet vízfelhasználása. Éppen ezért, — mint majd látni fogjuk, — a talajvízállások és a lehullott csapadékmennyiségek összefüggését nem minden esetben lehet kimutatni. Általánosságban megállapíthatjuk azonban, hogy a csapadék és a talajvíz között fennáll az ok és okozati viszony.

Itt közbevetőleg meg kell említenünk, hogy két változó kapcsolatát, ha az egyik változó növekedésének a másik változónál is növekedés, illetőleg az egyik változó csökkenésének a másik változónál is csökkenés felel meg, pozitív előjelűnek tekintjük. Ha a két változó ellentétes változásai tartoznak össze, tehát növekedésnek csökkenés, illetőleg csökkenésnek növekedés felel meg, a kapcsolatot negatív előjellel vesszük figyelembe.

Már most annak a kérdésnek eldöntéséhez, hogy a talajvízállások milyen kapcsolatban vannak a csapadékkal, figyelembe kell vennünk a talajvízállás mérésének, észlelésének módját is. Hazánkban a talajvízállások mindig az észlelőkút peremétől a talajvíztükörig mért távolságot jelentik. Ennek következtében minél nagyobb a talajvízállás, annál mélyebben van a talajvíztükör és fordítva a kis talajvízállások magas talajvíztükröt jelentenek. Ennek következtében *a talajvízállások és a csapadékok között nyilvánvalóan negatív a kapcsolat.*

A csapadék mellett *lényeges hatással van a talajvíztükör kialakulására a hőmérséklet is.* A hőmérséklettel ugyanis szorosan összefügg a párolgás, ami befolyásolja a talajon át beszivárogható és a talajvíztükröt tápláló csapadékvíz mennyiségét. A hőmérsékletnek ezenfelül közvetett hatása is van. Negatív hőmérsékletnél a szilárd halmazállapotú csapadék teljesen eltérő módon vehető csak számításba és nagy hidegeknél — az átfagyott talajon át — beszivárgásból a talajvíz nem kaphat utánpótlást. Bizonyos esetekben maga a talajvíztükör, illetőleg a talaj is jelentős vízmennyiséget párologtat el. A talajvízállások és a hőmérséklet között tehát feltétlenül kell kapcsolatnak lennie, mert ezek között is fennáll az ok és okozati viszony. Előfordulhat azonban, hogy az összefüggést csak bonyolult formában tudjuk megtalálni.

A hőmérsékletek a kútperemtől lefelé mért *talajvízállásokkal nyilván kapcsolatban állanak,* mivel növekvő hőmérsékleteknél süllyed a talajvíztükör, ami pedig nagyobb talajvízállást jelent.

A csapadéknak és hőmérsékletnek a talajvíztükör változására gyakorolt hatását *minőségi elemzéssel* is meg lehet állapítani. Vizsgálhatjuk külön-külön a meghatározott szempontok szerint kiválasztott összetartó *csapadék és talajvízállás,* illetőleg *hőmérséklet és talajvízállás értékpárokat,* és ily módon állapítjuk meg a köztük fennálló összefüggéseket. Az ilyen minőségi elemzésnek leggyakoribb formája *a grafikus ábrázolás,* amelynél az összetartó értékpárokat, a keresett összefüggést jellemző pontok koordinátáiként felrakva, keressük meg a kapcsolatot. Ábrázolni lehet pld. a 3 naponként leolvasott talajvízállásokat a megelőző 3 napon lehullott csapadékösszeggel, illetőleg a megelőző 3 nap

középhőmérsékletével kapcsolatban. Már itt megemlítjük, hogy sem a csapadék, sem a hőmérséklet egyidejü észlelései nem mutatnak kapcsolatot a talajvíztükör változásaival. Ennek oka az lehet, hogy a lehullott csapadéknak nyilván 3 napnál lényegesen hosszabb időre van szüksége, hogy mint ok befolyásolja a talajvíztükör magasságát. Ugyanez vonatkozik a hőmérsékletekre is. Lehetséges havi átlagokkal végezni a vizsgálatot, esetleg évenként, vagy pedig a sokévi átlagot véve figyelembe.

Ezeket a vizsgálatokat a talajvíztükör változásaira vonatkozó eddigi tanulmányaink során már jórészt elvégeztük. A vizsgálatok sok esetben sikerre vezettek. Ilyen természetű vizsgálatok alapján állapítottuk meg, hogy az alföldi talajvíztükör általánosságban a helytől függetlenül szoros vízrajzi egység szerint változik.

Itt említjük meg *Németh* professzor vizsgálatait, aki azt találta, hogy alföldi talajvízkútjainknál a sokévi havi középtalajvízállások a sokévi havi középhőmérsékletekkel olyan elliptikus összefüggést mutatnak, amelynél az ellipszis főtengelyei, a talajvízállásokat és hőmérsékleteket ábrázoló koordinátatengelyekkel, kútanként más és más szöget zárnak be. Németh professzornak ezekre a vizsgálataira a továbbiakban még visszatérünk.

Minőségi elemzéssel meghatároztuk többek között a talajvíztükör változásában nedves, közepes és száraz évek szerint mutatkozó eltéréseket is. Ezek az eltérések csak úgy voltak megmagyarázhatók, hogy az éveknek a csapadékosság szerinti felosztása mellett az éveknek a hőmérsékletek szerinti osztályozását is figyelembe vettük. Ezeket a szempontokat azonban csak gyakorlati úton lehetett számításba venni, ami már eleve kizárta a szabatos kapcsolatok levezetésének lehetőségét.

A talajvíztükör változásaira vonatkozó minőségi elemzéseket a továbbiakban nem fogjuk részletezni. Ezeket ugyanis a mérnöki gyakorlat már használja és így eredményeit ismertnek tételezhetjük fel.

Szabatos viszgálatot analitikai úton végezhetünk. A matematikai eszközökkel végzett vizsgálatok számos előnnyel járnak. Szabatosságuk mellett főelőnyük, hogy a meghatározott kapcsolatok megbízhatóságát illetően is nyerünk adatokat.

Ahhoz, hogy a csapadéknak és a hőmérsékletnek a talajvíztükör változására gyakorolt hatását analitikai úton végezhessük el, be kell vezetnünk a talajvíztükör változásánál, mint fizikai jelenségnél, a valószínűségek fogalmát. Mind a talajvíztükör változását, mind pedig a csapadékot és a hőmérsékletet jellemző összetartozó észlelési értékpárokat, illetőleg értékcsoportokat *valószínűségi változóknak* fogjuk tekinteni. A valószínűségi változók, mint tudjuk, olyan jelenségeknél fordulnak elő, amelyeknél csak részben ismerjük azokat a körülményeket (okokat), melyek a szóbanforgó jelenségek lefolyására hatással vannak. Ilyen esetben nem tudjuk pontosan megmondani, hogy mi fog történni, legfeljebb fel tudjuk sorolni azokat a lehetőségeket, amelyek közül valamelyik be fog következni. A részleteket mellőzve csak annyit jegyzünk még meg,

hogy valószínűségi változóknál az egyes értékek mindig bizonyos valószínűség szerint érvényesülnek.

A fentiek szerint nyilvánvaló, hogy mind a talajvíztükörváltozások, mind pedig a csapadékokat és hőmérsékleteket jellemző észlelések valójában felfoghatók valószínűségi változókként, mert hiszen csak részben ismerjük azokat a körülményeket, amelyek az említett három változót összekapcsoló jelenség lefolyására hatással vannak.

Vizsgálatainkhoz a szabatos matematikai eljárások közül legcélszerűbbnek látszik *a korrelációszámítást* alkalmazni. A valószínűségi változók bevezetésével a korrelációszámítás alkalmazásának legfontosabb feltételét már teljesítettük. A vizsgálatokhoz természetesen megfelelő számú értékpár, illetőleg értékcsoport szükséges.

A talajvíztükör változásának vizsgálatánál a korrelációszámítás szinte korlátlan lehetőségeket biztosít. A változók száma pld. tetszésszerinti nagy lehet. A számítások során mértékszámokat tudunk levezetni a kapcsolat szorosságának és megbízhatóságának a megállapítására. Lehetőség nyílik a változók tetszésszerinti csoportosítására, a lényegtelen változók elhagyására, sőt az is megállapítható, vajjon számításainkból nem hagytunk-e ki fontos változókat.

A korrelációszámítás valójában kiváló eszköz természeti jelenségeknél fennálló kapcsolatok megbízható megállapítására. Fel kell azonban a figyelmet hívni arra, hogy a *korrelációszámítást mindig minőségi elemzéssel kell összekötni*, mert ellenkező esetben kapcsolatot erőszakolhatunk nem ok és okozati viszonyban álló mennyiségekre is.

A korrelációszámítás lényegét ismertnek tételezve fel, röviden *csak az egyes kapcsolatok megbízhatóságának megítélésére kívánunk kitérni.* A kapcsolat szorosságát, ha lineáris a korreláció, a szorzathatványmomentum-hányadossal, vagy ahogy általában nevezik, *a korrelációs tényezővel* mérjük. Ha a kapcsolat lényegesen eltér a lineáristól, a kapcsolat szorosságát *a korrelációs arányszámmal* jellemezük. Az említett két paraméter azáltal méri a kapcsolat szorosságát, hogy figyelembe veszi *a teljes-*, illetőleg *az átlagos feltételes szórásnégyzetnek* a függő változó *teljes szórásnégyzetéhez* való viszonyát. Ha a teljes feltételes szórásnégyzet egyenlő az átlagos feltételes szórásnégyzettel, akkor a korrelációs tényező és korrelációs arányszám is egyenlőek egymással, mutatva, hogy a kapcsolat valóban lineáris.

X valószínűségi változó teljes szórása az X változónak a várható értéktől $(m_{1|0})$ való eltérésnégyzeteiből, $(X_i\text{-}m_{1|0})^2$, a megfelelő valószínűségekkel (p_i), mint súlyokkal képzett középértékének pozitív négyzetgyökével egyenlő

$$\sigma_x = \sqrt{\sum_i p_i (X_i - m_{1|0})^2} = \sqrt{\frac{\Sigma x^2}{N}} = \sqrt{\mu_{2|0}}, \qquad (1)$$

vagyis egyenlő X változó második centrális momentumának pozitív négyzetgyökével.

A teljes feltételes szórást a kapcsolatot kifejező egyenlőségből számítható várható, legvalószínűbb értékeknek a tényleges észlelési értékekhez viszonyított eltérései, hibái alapján állapíthatjuk meg. Ha ezeknek a hibáknak a négyzetösszege $\Sigma\lambda^2$, akkor a teljes feltételes szórás

$$\sigma_x^0 = \sqrt{\frac{\Sigma\lambda^2}{N}} = \frac{1}{\sqrt{N}}\sqrt{\Sigma\lambda^2}. \qquad (2)$$

Nyilvánvaló, hogy a teljes feltételes szórás mindig kisebb mint a teljes szórás (a függő változó egyéni szórása), vagyis $\sigma_x^0 \leqq \sigma_x$

A fenti állítást két változó *(X* és *Y)* esetén a következőképpen igazolhatjuk. Közbevetőleg megjegyezzük, hogy *X* és *Y* változóknak a várható értéküktől való eltéréseit *x* és *y* jelöli. Láttuk, hogy *X* változó teljes szórása (egyéni szórása) (1) szerint $\sigma_x = \frac{1}{\sqrt{N}}\sqrt{\Sigma x^2}$, *X* várható értékének teljes feltételes szórása pedig — figyelembe véve, hogy $\Sigma\lambda^2 = \Sigma x^2 - \frac{(\Sigma xy)^2}{\Sigma y^2}$, — (2) alapján

$$\sigma_x^0 = \frac{1}{\sqrt{N}}\sqrt{\Sigma x^2 - \frac{(\Sigma xy)^2}{\Sigma y^2}}. \qquad (3)$$

A korrelációszámításból tudjuk, hogy két változó esetén a kapcsolat teljes hiányánál a középértéktől való eltérések szorzatösszege zérus, vagyis $\Sigma xy = 0$. Ha tehát a két változó között egyáltalán nincsen kapcsolat a teljes feltételes szórás egyenlő a kérdéses változó egyéni szórásával ($\sigma_x^0 = \sigma_x$). Ezzel szemben, ha a két változó között bizonyos mérvű kapcsolat áll fenn, az eltérések szorzatösszegének értéke zérustól eltérő lesz, tehát ilyen esetekben $\Sigma xy \neq 0$. Mivel pedig $(\Sigma xy)^2$ mindig pozitív szám, valójában σ_x^0 akármilyen kismértékű kapcsolata esetén is kisebb lesz σ_x-nél.

Két változó esetén általában nem szokták a teljes feltételes szórást számítani. Kettőnél több változó esetén azonban a legmegfelelőbb kapcsolat kiválasztásának megkönnyítésére ajánlatos meghatározni.

A fenti bizonyításból nyilvánvaló, hogy *minden újabb változó figyelembevétele, — feltéve, hogy az új változó a függő változóval bizonyos mérvű kapcsolatban áll, — csökkenti a teljes feltételes szórást.* Ily módon a különböző változók segítségével szerkesztett kapcsolatok jóságát a meghatározott teljes feltételes szórások összehasonlításával is megitélhetjük. *Ebből a szempontból azt a kapcsolatot tekinthetjük a legmegfelelőbbnek, amelynél a legkisebb a teljes feltételes szórás.*

A legmegfelelőbb kapcsolat kiválasztására a kapcsolat szorosságát jellemző korrelációs tényezők összehasonlítása is módot nyujt. A korrelációs tényezőt *Csuprov* orosz matemetikus nyomán $r_{1|1}$-el jelöljük. *Két változónál* könnyen belátható, hogy *általában azt a kapcsolatot kell előnyban részesítenünk, amelynél* szorosabb a korreláció, vagyis amelynél *nagyobb a korrelációs tényező négyzete.* Mindez teljes matematikai szabatossággal csak lineáris kapcsolatnál igaz. Ha a kapcsolat nem tekinthető közlítőleg sem lineárisnak, a kapcsolat szorosságát, mint azt már említettük, a korrelációs arányszámmal mérjük. Sőt szabatos definició szerint a kapcsolat szorosságát csakis a korrelációs arányszám négyzetével mérhetjük és lineáris kapcsolatnál is csak azért jellemezhetjük a kapcsolat szorosságát a korrelációs tényező négyzetével, mert ebben az esetben a korrelációs tényező négyzete egyenlő a korrelációs arányszám négyzetével.

Nem lineáris korrelációnál ugyanis a teljes feltételes szórás (σ_x^0) nem azonos az átlagos feltételes szórással ($\overline{\sigma}_x^0$). Márpedig a korrelációs arányszám négyzete egyenlő az átlagos feltételes szórásnégyzet és a tejes szórásnégyzet hányadosát egységre kiegészítő értékkel. Mivel pedig a korrelációs tényező négyzete a teljes feltételes szórásnégyzet és a teljes szórásnégyzet hányadosát egységre kiegészítő értékkel azonos, nem lineáris kapcsolatnál a korrelációs tényező nem szabatos mértékszáma a szorosságnak.

Vizsgálatainknál azonban, hogy a korrelációs arányszám hosszadalmas és fáradságos számítását elkerüljük, mindig a korrelációs tényező alapján hasonlítjuk össze a különböző kapcsolatokat. Kettőnél többb változó esetén, az úgynevezett *többszörös korrelációnál*, ez minden esetben meg is engedhető. Többszörös korrelációnál ugyanis csak lineáris kapcsolatokkal foglalkozunk. *Kétváltozós, egyszerű korrelációnál*, ha a kapcsolat lényegesen eltér a lineáristól, a korrelációs tényező csak közelítőleg jellemzi a kapcsolat szorosságát. Ennek a hátránynak a kiküszöbölése céljából, ilyen esetekben a korrelációs tényezők összehasonlítása mellett mindig minőségi elemzéssel is ellenőrizzük a kapcsolatokat.

A korrelációs tényezőt tekintve, természetesen *többszörös korrelációnál* is általában azt a kapcsolatot kell előnyben részesítenünk, amelynél nagyobb az úgynevezett *totális korrelációs tényező négyzete.* A totális korrelációs tényező, mint ismeretes, a függő változónak az összes független változóval való kapcsolatát jellemzi és pedig olymódon, hogy belőle az egyes független változókkal való kapcsolatra nem lehet következtetni. Erre a célra a *parciális korrelációs tényezők* szolgálnak (r_1 r_2,... r_n), amelyek szemben a R^2 totális korrelációs tényezővel, mind előjeles értékek. *Csak-úgy mint a kétváltozós korrelációnál, itt a többszörösnél is, minden olyan újabb változó figyelembevétele, amely kapcsolatban áll a függő változóval, csökkentve a teljes feltételes szórást, növeli a totális korrelációs tényezőt.* Így valójában helyes ha a totális korrelációs tényező nagysága alapján választjuk ki a legmegfelelőbb kapcsolatot.

A legmegfelelőbb kapcsolat kiválasztására az említetteken felül még több eljárást is felhasználhatunk. Ezeknek a részletezése azonban most nem feladatunk.

A csapadéknak és hőmérsékletnek a talajvíztükör változására gyakorolt hatását először célszerűen *kétváltozós korrelációk* segítségével vizsgáljuk. A függő változó mindig a talajvízállás, vagy talajvízállás-változás lesz, míg független változónak felváltva a csapadékokat, vagy a hőmérsékleteket fogjuk tekinteni. A kétváltozós korrelációkat a többszörös korrelációnál parciális korrelációknak tekinthetjük és így az elemi kapcsolatok kikeresésével fokozatosan kívánjuk célunkat, a talajvízállásoknak a csapadékokkal és hőmérsékletekkel való kapcsolatát megállapítani.

1. A talajvízállások és a csapadékok kapcsolata

Vizsgáljuk először a talajvízállásoknak a csapadékösszegekkel való kapcsolatát. Talajvízkútjainkban a vízállást havonta tízszer, vagyis 3 naponként észlelik. Rendeljük ezek mellé a háromnaponkénti talajvíz-leolvasások mellé a megelőző három napon lehullott csapadékösszegeket. Ilymódon, ha egy-egy év észlelési anyagát vizsgáljuk, évenként 120 összetartozó értékpárt nyerünk. Mint említettük a csapadékösszegek a talajvízállásokkal negatív kapcsolatban kell hogy legyenek, mert hiszen a csapadék a talajvíztükör emelkedését idézi elő, ami viszont a vízállás csökkenését jelenti. A korrelációs tényezőknek tehát, figyelembevéve az ok és okozati viszonyt, negatív előjelűeknek kell lenniök.

Az összetartozó értékpárok kiválasztásánál gyakran előfordul, hogy ugyanabban a helységben, ahol a talajvízkút van, vagy nincs csapadékmérő állomás, vagy annak adatai nem állottak rendelkezésünkre. Ilyen esetekben a talajvízkút közelében levő csapadékmérő állomás adatait vesszük figyelembe. Ez a megjegyzésünk vonatkozik a többi példákra is, sőt ugyanilyen szempontok szerint csoportosítottuk a talajvízállásoknak a hőmérsékletekkel való kapcsolatára vonatkozó számításainkat is.

A 3 naponkénti talajvízállások és a megelőző 3 nap csapadékösszege közötti kapcsolatra vonatkozóan az alábbi korrelációs tényezőket soroljuk fel:

Átokháza talajvízkút — *izsáki* csapadékmérő állomás	1941-ben	$r_{1|1}$	= —0,072
« « « « «	1944-ben	«	= +0,018
« « « « «	1947-ben	«	= —0,126
Kenderes (2) talajvízkút — *kenderesi* csapadékmérő állomás	1947-ben	«	= —0,059
Püspökladány « — *püspökladányi* « «	1947-ben	«	= —0,007

A felsorolásból látjuk, hogy a tényleges talajvízállásleolvasások nem mutatnak a megelőző 3 nap csapadékösszegével kapcsolatot. A korrelációs tényező ugyanis mindegyik esetben rendkívül kicsi, bár a közölt példáknál előjelre legtöbb esetben helyes a korrelációs tényező. 1944-ben azonban még a

korrelációs tényező előjele sem helyes. Az ebben az irányban végzett minőségi elemzés is azt mutatja, hogy az ilyen egyidőben észlelt talajvízállások és csapadékösszegek között kapcsolatot nem várhatunk. Ez a körülmény, mint már a bevezetésben említettük, azzal magyarázható, hogy a lehullott csapadéknak bizonyos időre van szüksége ahhoz, hogy beszivárogva a talajba, táplálhassa a talajvíztükröt.

Következő lépésként vegyük egy-egy talajvízkútnál a havi közepes talajvízállásokat és nézzük meg, hogy ugyanannál a talajvízkútnál, nedves, közepes időjárású és száraz évet is figyelembe véve, milyen kapcsolatokat találunk a havi csapadékösszegekkel. Válasszuk ki például, a nedves 1941-es, a közepes időjárású 1944-es és a száraz 1947-es hidrológiai évet a debreceni talajvízkútra és a debreceni csapadékmérő állomásra vonatkozóan.

A debreceni talajvízkút havi közepes talajvízállása és a debreceni csapadékmérő állomás havi csapadékösszegei között a korrelációs tényező:

az 1941. hidrológiai évre $r_{111} = -0{,}056$
az 1944. « « « $= +0{,}056$
az 1947. « « « $= -0{,}332$

Ezek egy hidrológiai év 12 hónapjából adódó 12 összetartozó értékpár alapján meghatározott kapcsolatok.

Több értékpár alapján meghatározott korrelációs tényezőt ad például a Kecskemét melletti »dr. Komlósi« talajvíz-telepen az aknakút 1949. X. hótól 1951. III. hóig terjedő középvízállás-változásai és a telepen levő csapadékmérő állomás havi csapadékösszegei közötti kapcsolat. Ebben az esetben $r_{111} = +0{,}050$ korrelációs tényezőt nyertünk. A talajvízállás-változások és csapadékösszegek korrelációjára a továbbiakban még visszatérünk.

A korrelációs tényezőknek, mint már említettük negatív előjelűnek kellene lennie. A felsorolt példáknál azt látjuk, hogy a kapcsolat a havi közepes talajvízállások és az ugyanazon havi csapadékösszegek között rendkívül gyenge, sőt esetenként a kapcsolat még az ok és okozati viszonynak sem felel meg. A havi közepes talajvízállások és a havi csapadékösszegek kapcsolatára vonatkozó minőségi elemzések is rendkívül eltérő eredménnyel járnak. Bizonyos kutaknál adott évekre, néha kimutatható, hogy van kapcsolat a havi átlagok és a csapadékösszegek között. Ilyen volt például a debreceni talajvízkút esetében az 1947. hidrológiai év. *Általában* azonban megállapíthatjuk, hogy *a havi közepes talajvízállások és a havi csapadékösszegek között a kapcsolatot kétváltozós korrelációval nem célszerű kifejezni.*

Tegyük most vizsgálat tárgyává az egyes talajvízkutak havi közepes talajvízállásainak a *megelőző hónapok* csapadékösszegeivel való kapcsolatát *A korrelációs tényezők, ugyancsak a debreceni talajvízkút havi közepes talajvíz*

állásai és a debreceni csapadékmérő állomás megelőző havi csapadékösszegei között az alábbiak :

az 1941. hidrológiai évre $r_{1|1} = + 0{,}019$
az 1944. « « « $= - 0{,}500$
az 1947. « « « $= - 0{,}346$

A fentiekre vonatkozó minőségi elemzéseket is figyelembe véve megállapíthatjuk, hogy általában a *havi közepes talajvízállások és a megelőző hónapok csapadékösszege között várhatunk kapcsolatot.* Itt is fennáll azonban az a tény, hogy a lehetőségekhez képest a talajvízállásokat a csapadékösszegekkel ne kétváltozós korrelációval kapcsoljuk össze.

Ha függetleníteni akarjuk számításainkat a talajvíztükör pillanatnyi magasságától, akkor célszerű, ha nem a tényleges havi középvízállásokat, hanem a *megelőző hónaphoz képest bekövetkezett vízállás-változásokat korreáljuk a csapadékösszegekkel.* Megállapodásszerűen, ha a havi közepes talajvízállás a megelőző havihoz képest csökken, vagyis a talajvíztükör emelkedik, a talajvízállás-változást pozitív előjellel, ha pedig a havi közepes talajvízállás a megelőző hó középvízállásához viszonyítva növekedik, vagyis a talajvíztükör süllyed, a talajvízállás-változást negatív előjellel vesszük figyelembe. Ily módon a talajvízállás-változás a csapadékkal pozitív kapcsolatban kell, hogy legyen.

Nézzük ezek után *a debreceni talajvízkút havi közepes talajvízállás-változását a debreceni megelőző havi csapadékösszegekkel kapcsolatban.* Számításaink azt mutatják, hogy :

az 1941. hidrológiai évre $r_{1|1} = - 0{,}283$
az 1944. « « « $= + 0{,}165$
az 1947. « « « $= + 0{,}112$

A »dr. Komlósi« telep aknakútjának havi középvízállásváltozása a megelőző hónap csapadékösszegével $r_{1|1} = + 0{,}490$ korrelációs tényezőt eredményezett. Természetesen itt is a talajvízállás-változás a csapadékkal pozitív kapcsolatban kell, hogy legyen és így ebből a szempontból, a nyert kapcsolat megfelelőnek mondható.

Mindezekből azt a következtetést vonhatjuk le, hogy célszerűbb a talajvízállás-változásokat figyelembe venni és ezekkel számítva meghatározni a csapadékokkal való kapcsolatokat.

Igen kedvező lenne, ha egy-egy talajvízkútnál, az úgynevezett sokévi havi közepes talajvízállásoknak a sokévi átlagos csapadékösszegekkel való kapcsolatát meg tudnánk határozni. A sokévi átlagok ugyanis kiegyenlítik az egyes években mutatkozható szélsőségeket.

Lássuk itt is először néhány talajvízkútnál a *sokévi havi közepes talajvízállások és a sokévi ugyanazon havi átlagos csapadékösszegek* kapcsolatára jellemző korrelációs tényezőket :

Debrecen talajvízkút	(1936/48) — *debreceni*	csapadékmérő állomás	$r_{1|1}$	= — 0,206
Átokháza «	(1934/48) — *szegedi*	« «	«	= + 0,050
Békéscsaba «	(1935/44) — *békéscsabai*	« «	«	= + 0,071
Békés «	(1935/48) — *békéscsabai*	« «	«	= — 0,635

Megjegyezni kívánjuk, hogy a havi átlagos csapadékösszegeket, a fenti példáknál és az ezután következő ilyen természetű számításoknál mindenütt egyenlőnek vettük az 1901/30 évi törzsértékekkel. A talajvízkutak neve után zárójelben megadjuk azt az időszakot, amelyből a sokévi havi közepes talajvízállásokat kiszámítottuk.

A fentiekre vonatkozóan még minőségi elemzést is végeztünk és ezeknek eredménye alapján is megállapíthatjuk, hogy a *sokévi havi közepes talajvízállások és a sokévi havi csapadékösszegek között hazai viszonylatban nem célszerű kapcsolatot keresnünk.*

Természetesen a sokévi havi átlagok alapján vizsgálhatjuk a kapcsolatot a megelőző hónapok átlagos csapadékösszegével is. A már felsorolt négy talajvízkútnál a *sokévi havi közepes talajvízállások és a sokévi megelőző havi átlagos csapadékösszegek* közötti korrelációt az alábbi korrelációs tényezők jellemzik :

Debrecen talajvízkút	(1936/48) — *debreceni*	csapadékmérő állomás	$r_{1|1}$	= + 0,114
Átokháza «	(1934/48) — *szegedi*	« «	«	= + 0,379
Békéscsaba «	(1935/44) — *békéscsabai*	« «	«	= + 0,414
Békés «	(1935/48) — *békéscsabai*	« «	«	= — 0,248

A fenti értékek mutatják, hogy a sokévi havi középvízállások a megelőző hónapok csapadékösszegével sem mutatnak kapcsolatot. Egyedül Békés talajvízkútnál mutatkozott előjelre helyesen a korrelációs tényező, azonban a kapcsolat itt is rendkívül gyenge. A minőségi elemzések hasonló eredményre vezettek.

A sokévi átlagokkal még egy változatot vizsgáltunk. Ennél a változatnál nem a sokévi havi közepes talajvízállásokat, hanem ezeknek *változását* vettük figyelembe. *A sokévi havi közepes talajvízállás-változások és a sokévi megelőző havi átlagos csapadékösszegek* közötti kapcsolatot az alábbi korrelációs tényezők mutatják :

Debrecen talajvízkút — *debreceni* csapadékmérő állomás $r_{1|1} = -0{,}781$
Átokháza « — *szegedi* « « « = —0,634
Békéscsaba « — *békéscsabai* « « « = —0,616
Békés « — *békéscsabai* « « « = —0,677

Mind a négy talajvízkútnál a korrelációs tényező negatívnak adódott, ami helytelen, mert a talajvízállás-változásoknak a csapadékösszegekkel pozitív kapcsolatban kellene lenniök. *A sokévi átlagok alapján tehát a közepes havi talajvízállás-változások nem mutatnak kapcsolatot a megelőző havi átlagos csapadékösszegekkel.* Ez a körülmény könnyen belátható, mert az átlagképzéssel kiegyenlítettük a megelőző hónapok csapadékösszegének hatását és így mint példáinknál történt, azt kaptuk, hogy az ok és okozati viszonynak ellentmondó kapcsolat áll fenn.

Vizsgálataink szerint tehát megállapíthatjuk, hogy a talajvízállások és a csapadékok esetében a sokévi átlagokkal nem ajánlatos számítani.

Az előzőkből azonban helytelen lenne azt a következtetést levonni, mintha a csapadék nem lenne kapcsolatban a talajvízállásokkal, ez a kapcsolat nyilvánvalóan fennáll, csupán ennek megkeresésénél bizonyos körülményeket figyelembe kell venni. Igen érdekes ebből a szempontból egy-egy talajvízkútnál *az egyes hónapok több éven át észlelt középvízállásainak kapcsolata a megfelelő csapadékösszegekkel.*

Az előbbi tapasztalataink alapján a vizsgálatokat a megelőző hónapok csapadékösszegének figyelembevételével végezzük el. Válasszuk ismét Debrecen talajvízkutat és nézzük meg havonként, hogy a különböző években mutatkozó középvízállások milyen kapcsolatot mutatnak a megelőző hónap csapadékösszegével. Ily módon mind a 12 hónapra megkapjuk, hogy *Debrecen talajvízkútnál a megelőző hónaphoz képest bekövetkezett talajvízállás-változás milyen kapcsolatot mutat a debreceni csapadékmérő állomáson a megelőző hónapban mért csapadékösszegekkel.* A számítások eredménye az alábbi:

I.	hónapban	$r_{1|1} = +0{,}309$	VII.	hónapban	$r_{1|1} = +0{,}386$
II.	«	« = —0,100	VIII.	«	« = +0,432
III.	«	« = +0,504	IX.	«	« = +0,199
IV.	«	« = +0,692	X.	«	« = +0,546
V.	«	« = +0,412	XI.	«	« = +0,338
VI.	«	« = +0,615	XII.	«	« = +0,683

A számításokat a debreceni talajvízkút 1936/50 közötti észleléseiből, évenként az egyes hónapokra kiadódó középvízállásokkal és a debreceni csapadék-

mérő állomás megfelelő (megelőző) havi csapadékösszegeinek segítségével végeztük el. A kapcsolat minden hónapnál rendkívül jónak mondható, ami bizonyítja, hogy a havi közepes talajvízállás-változásokat a megelőző hónapok csapadékösszege valójában nagymértékben befolyásolja. Egyedül február hónapban adódott gyenge és ellentétes előjelű korrelációs tényező, ami arra utal, hogy a januárban lehullott csapadékösszeg, a fagyott talaj mellett, a februári közepes talajvízállás-változást nem befolyásolja, ami viszont érthető is. Az egyes hónapoknál kapott korrelációs tényezők részletes elemzésétől most eltekintünk. De igen érdekes lesz majd ezeket az eredményeket figyelembe véve az egyes hónapoknál a hőmérsékleteket és a vegetációs időszakot is számításba venni.

Lehetséges még *a talajvízállásoknak bizonyos időszakok csapadékösszegével* való kapcsolatát is meghatározni. A változók ily módon való kiválasztása a talajvízállások előrejelzésével kapcsolatos feladatoknál szokott előfordulni. Például a tavaszi havi minimális középvízállás előrejelzésénél számbajöhetnek a megelőző fagymentes hónapok (október, november, március) és a téli hónapok (december, január, február) csapadékösszegei. A debreceni talajvízkútnál a tavaszi minimális havi középvízállás (aminek a legmagasabb havi közepes talajvíztükör felel meg) a fagymentes hónapok csapadékösszegével — 0,694, a téli hónapok csapadékösszegével pedig —0,304 korrelációs tényezőt eredményezett. Ezek a kapcsolatok, mint már említettük, a talajvízállásoknak többszörös korreláció segítségével való vizsgálatánál játszanak nagy szerepet. Az erre vonatkozó részleteket is ott fogjuk majd tárgyalni.

Összefoglalva a talajvízállásoknak a csapadékokkal való kapcsolatát, megállapíthatjuk, hogy egyidejű talajvízállás-leolvasások és csapadékösszegek között nem mutatható ki a kapcsolat. Átlagos értékekkel számítva a kapcsolat rendkívül nagy változatosságot mutat, ami arra utal, hogy két változós korrelációval csak kivételesen érünk el eredményt. Jobb eredményt kapunk, ha a talajvízállások átlagát valamilyen megelőző időszak csapadékösszegével hozzuk kapcsolatba. Még jobb, ha a talajvízállások helyett a talajvízállás-változásokat korreáljuk valamilyen megelőző időszak csapadékösszegével.

A talajvízállásoknál az átlagokat legcélszerűbb havonként képezni, a csapadékoknál pedig a havi csapadékösszegeket figyelembe venni. A talajvízállások, illetőleg a talajvízállás-változások és csapadékok kapcsolatát a sokévi havi értékek alapján nem lehet kimutatni, mivel a sokévi átlagképzéssel mintegy kiegyenlítjük a csapadékösszegek hatását.

Végeredményben azt látjuk, hogy *legmegfelelőbb a talajvízállás-változásokat havi középértékben megállapítani és ennek kapcsolatát keresni a megelőző hónap csapadékösszegével.* Igen érdekes ebből a szempontból, ha egy-egy talajvízkútnál az egyes hónapok, tehát január, február, ..., december, több éven át észlelt középvízállás-változásainak a megelőző hónapok csapadékösszegével való kapcsolatát képezzük.

Adott esetben sikerre vezethet, ha bizonyos időszakok csapadékösszegét hozzuk kapcsolatba valamilyen későbbi időpontban vagy időszakban bekövetkező átlagos talajvízállásokkal.

Mindent összevetve azt látjuk, hogy a talajvízállás, illetőleg a talajvízállás-változások a csapadékösszegekkel csak bizonyos esetekben hozhatók kapcsolatba. Általánosságban nem ajánlatos a talajvízállásoknak és csapadékoknak a kapcsolatára számítanunk. Ez a kapcsolat ugyanis nagyon hasonló, sőt talán ugyanaz, mint a felszíni vízlefolyásnak a csapadékkal való kapcsolata. A felszíni vízlefolyásnál, mint a műszaki gyakorlatból ismeretes, a csapadékmagasságok mellett, a csapadékból való vízlefolyást jellemző hányados is, az ú. n. lefolyási tényező is figyelembe veendő. A talajvízállások és csapadékok kapcsolatánál ugyanez a helyzet és a csapadékok mellett ezt a lefolyást jellemző hányadost, illetőleg ennél a különleges esetnél a lefolyást jellemző hányadost legjobban kifejező hőmérsékleteket kell figyelembe venni. A legmegfelelőbb kapcsolatokat, mint majd látni fogjuk, úgy nyerjük, hogy a talajvízállásokat a csapadékokkal és hőmérsékletekkel együttesen vonjuk be számításainkba.

2. A talajvízállások és a hőmérsékletek kapcsolata

A csapadékok után vizsgálnunk kell *a talajvízállásoknak a hőmérsékletekkel* való kapcsolatát. Mint már említettük a talajvízállások a hőmérsékletekkel, figyelembe véve az ok és okozati viszonyt, pozitív kapcsolatban, a talajvízállásváltozások pedig negatív kapcsolatban kell hogy legyenek a hőmérsékletekkel.

A csapadékokhoz hasonlóan a hőmérsékleteknél is legelőször *az egyidejű tényleges észlelési érték kapcsolatát kell* vizsgálnunk. Itt a háromnaponkénti talajvízállás-leolvasásokhoz a megelőző három nap közepes hőmérsékletét rendeljük és ezáltal évenként százhúsz-százhúsz összetartozó értékpárt nyerünk. *A háromnaponkénti talajvízleolvasások és a megelőző nap középhőmérséklete* közötti korrelációra az alábbi példák nyujtanak felvilágosítást :

Átokháza talajvízkút	— *kecskeméti*	klima-állomás	1941.	évre	$r_{1	1}$	=	+ 0,639
« «	«	«	1944.	«	«	=	+ 0,125
« «	«	«	1947.	«	«	=	— 0,050
Kenderes (2) «	— *debreceni*	«	1947.	«	«	=	— 0,711
Püspökladány «	— *debreceni*	«	1947.	«	«	=	— 0,329

A korrelációs tényezők mutatják, hogy *a talajvízállások az egyidejű hőmérsékletekkel nincsennek kapcsolatban*, illetőleg a hőmérsékleteknek a hatása ily módon nem mutatható ki.

A hőmérsékleteknél is tehát át kell térnünk a középértékekre. Itt is célszerűen nedves, közepes időjárású és száraz évben vizsgáljuk egy-egy talajvízkútnál a kapcsolatokat. Válasszuk ismét Debrecen talajvízkutat és állapítsuk meg *a havi közepes talajvízállások és a debreceni havi középhőmérsékletek* korrelációját különböző évekre. A számítások szerint :

az 1941. hidrológiai évre $r_{1|1} = -0{,}394$
az 1944. hidrológiai évre « $= -0{,}314$
az 1947. hidrológiai évre « $= -0{,}049$

Vagy vizsgáljuk meg ugyancsak a debreceni talajvízkútnál *a havi közepes talajvízállások és a megelőző havi középhőmérsékletek* kapcsolatát, különböző évekre. Az eredmény az alábbi lesz :

az 1941. hidrológiai évre $r_{1|1} = +0{,}130$
az 1944. hidrológiai évre « $= -0{,}220$
az 1947. hidrológiai évre « $= +0{,}256$

Ezek a számítások arra mutatnak, hogy *a havi közép-talajvízállások a tárgyhónap és a megelőző hónap közepes hőmérsékletével nem igen hozhatók kapcsolatba.*

A havi átlagokkal jó eredményt nyerünk, abban az esetben, *ha a havi közepes talajvízállás-változásokat hozzuk kapcsolatba a havi középhőmérsékletekkel.* Pld. a debreceni talajvízkút havi közepes talajvízállás-változásainak és a debreceni megelőző havi középhőmérsékleteknek a kapcsolatára az alábbi korrelációs tényezőket nyertük :

az 1941. hidrológiai évre $r_{1|1} = -0{,}739$
az 1944. hidrológiai évre « $= -0{,}711$
az 1947. hidrológiai évre « $= -0{,}829$

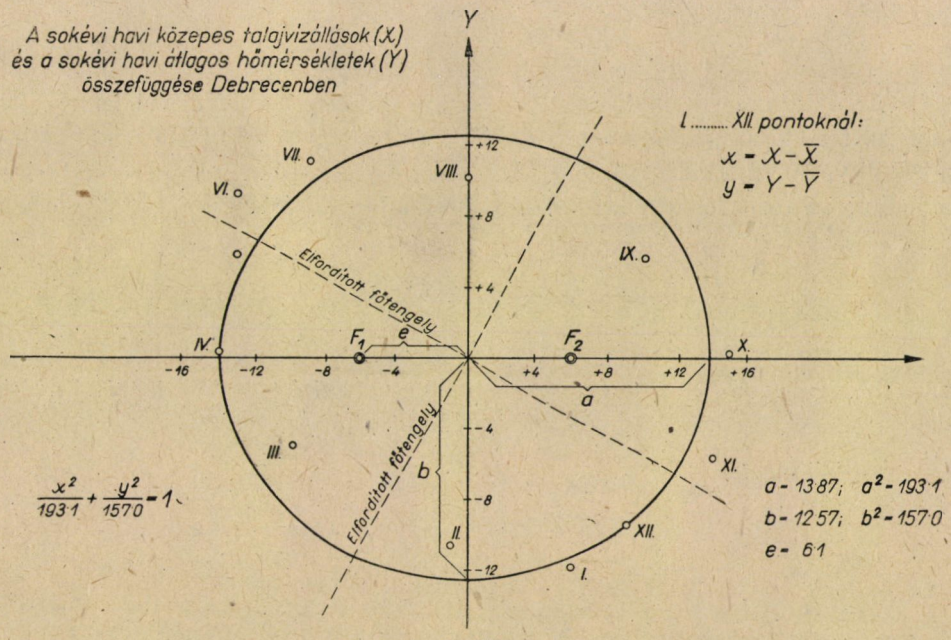
Ezek a változatok meglepően szoros kapcsolatot mutatnak, amit a talajvízállás előrejelzésével kapcsolatos egyéb számítások is igazolnak. Itt is megemlítjük a Kecskemét melleti dr. Komlósi-telep akanakútjánál a havi középvízállás-változásoknak a tárgyhónap középhőmérsékletével való kapcsolatát. Az előbbire $r_{1|1} = -0{,}85$, illetőleg az utóbbira $r_{1|1} = -0{,}83$ korrelációs tényezőt kaptunk.

A havi közepes talajvízállás-változások tehát a tárgyhónap és a megelőző hónap közepes hőmérsékletével igen szoros kapcsolatot mutatnak.

A talajvízállások és hőmérsékletek kapcsolatát is vizsgálhatjuk a sokévi átlagok alapján. Célszerűen *a sokévi havi közepes talajvízállások és a sokévi havi közepes hőmérsékletek* kapcsolatát keressük. Erre vonatkozóan az alábbi két számítást közöljük :

Átokháza talajvízkút (1934/48) — *szegedi* klima-állomás $r_{111} = +0{,}404$
Debrecen « (1936/48) — *debreceni* « « « $= -0{,}318$

Ebből a két számításból az adódik, hogy a sokévi átlagok alapján a havi közép-vízállások és a havi közepes hőmérsékletek nincsenek kapcsolatban, legalábbis a kapcsolat olyan, hogy azokat közelítőleg sem tekinthetjük lineárisnak. Ezeknél a kapcsolatoknál azonban minőségi elemzéssel igen érdekes felfedezést tett *Németh professzor*. Vizsgálatai során megállapította, mint már említettük,



1. ábra

hogy a sokévi havi közepes talajvízállások a sokévi havi középhőmérsékletekkel elliptikus kapcsolatban állnak. Németh professzor ezt a megállapítását, számos alföldi talajvízkútra érvényesnek találta.

Vizsgáljuk mi most az előzőkben közölt *debreceni talajvízkút sokévi havi közepes talajvízállásainak a sokévi havi átlagos hőmérsékletekkel való kapcsolatát.* A korrelációs tényező, mint láttuk $r_{1|1} = -0{,}318$, ami lineáris korrelációt tételezve fel, előjelre helytelen. Ábrázoljuk a középértéktől való eltérések összetartozó havi értékpárjait (lásd az 1. *ábrát).* Az ábrából rögtön kitűnik, hogy a debreceni talajvízkút esetében is fennáll az elliptikus összefüggés.

A sokévi havi közepes talajvízállások és a sokévi havi átlagos hőmérsékletek összefüggését *analitikai úton* a következőképpen határozhatjuk meg. Legyen az összefüggés az X—Y tengelyrendszerre nézve centrális ellipszis. A kapcsolatot kifejező egyenlőség tehát

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1, \tag{4}$$

ahol a és b a z ellipszis félfőtengelyeit jelöli, a fókusztávolság pedig

$$e = \sqrt{a^2 - b^2}.$$

A (4) alatti egyenlet kétváltozós *nem lineáris* korrelációval lenne csak kifejezhető. Ha azonban bevezetjük a $Z = x^2$ és a $V = y^2$ új változókat, akkor a két új változót tekintve, lineáris korrelációval számíthatunk. Behelyettesítve a két új változót és átalakítva (4)-et, az alábbi lineáris kapcsolatot kifejező egyenlőséget nyerjük :

$$Z^0 = a^2 - \frac{a^2}{b^2} V,$$

vagy bevezetve az $a^2 = d$ és az $\frac{a^2}{b^2} = c$ helyettesítést, az alábbi lineáris egyenlőséget kapjuk

$$Z^0 = c\,V + d. \tag{5}$$

Az (5) alatti kapcsolatot kifejező egyenlőség együtthatóinak meghatározása céljából felírjuk a Z és V összetartozó értékpárokat, képezzük az új változók $\overline{Z}$ és $\overline{V}$ középértékét, megszerkesztjük a $z = Z - \overline{Z}$ és $v = V - \overline{V}$ összetartozó eltéréspárokat, végül kiszámítjuk az új változók eltérésnégyzeteinek összegeit (Σz^2 és Σv^2) és a két eltérés szorzatösszegét ($\Sigma z\,v$). Ezeket ismerve, a korrelációszámításból ismert összefüggések szerint meghatározzuk az (5) egyenlőségnél c iránytangenst és d állandót.

Ezeket a számításokat a *debreceni talajvízkútra* elvégezve $c = -1{,}23$ és $d = 193{,}1$ értékeket kapunk. Figyelembevéve (5) egyenlőségnél a helyettesítéseket, végeredményben

$$a^2 = 193{,}1, \quad a = 13{,}87, \quad b^2 = \frac{193{,}1}{1{,}23} = 157, \quad b = 12{,}52 \quad \text{és}$$

$$e = \sqrt{193{,}1 - 157} = 6{,}1.$$

A keresett centrális ellipszis egyenlete tehát :

$$\frac{x^2}{193{,}1} + \frac{y^2}{157} = 1. \tag{6}$$

Ha az 1. ábrán megszerkesztjük a (6) alatti ellipszist, azt látjuk, hogy az egyes hónapok összetartozó értékpárjait ábrázoló I, II, ... XII. jelű pontok elég jól megközelítik az ellipszist. Az ábrából az is kitűnik, hogy jobb kiegyenlítést kaptunk volna, ha az ellipszis hosszabbik főtengelye közel 30°-ot zárna be az X tengellyel, vagyis nagyjából a XI. és XII., illetőleg a V. és VI. pontokat kötné össze. Természetesen az ilyen elfordított ellipszis egyenletét is meghatározhatjuk, ha az I..... XII. pontok koordinátáit az új tengelyrendszerre átszámítanánk.

A hőmérsékletek esetében is célszerűnek látszik, ha *az egyes hónapok több éven át észlelt közepes talajvízállás-változásait hozzuk kapcsolatba a megfelelő hónapok középhőmérsékletével.*

Erre vonatkozóan első változatként megvizsgáltuk a *debreceni talajvízkút egyes hónapjainak többévi közepes vízállásváltozását a debreceni klímaállomás ugyanazon havi középhőmérsékletével* kapcsolatban. A számítások eredményeképpen az alábbi korrelációs tényezőket nyertük.:

I. hónapban	$r_{1\|1} = +0{,}733$	VII. hónapban	$r_{1\|1} = -0{,}021$
II. hónapban	» $= +0{,}223$	VIII. hónapban	» $= -0{,}038$
III. hónapban	» $= -0{,}323$	IX. hónapban	» $= -0{,}165$
IV. hónapban	» $= +0{,}07$	X. hónapban	» $= -0{,}453$
V. hónapban	» $= -0{,}370$	XI. hónapban	» $= +0{,}173$
VI. hónapban	» $= -0{,}492$	XII. hónapban	» $= +0{,}432$

A korrelációs tényezők azt mutatják, hogy a havonkénti kapcsolat a közepes talajvízállás-változások és középhőmérsékletek között ily módon nem mutatható ki. Látjuk, hogy a korrelációs tényező számos hónapban még előjelre sem helyes, sok hónapban pedig rendkívül laza kapcsolat mutatkozik. Ennek oka az lehet, hogy több év ugyanazon hónapját figyelembe véve a talajvízállás-változásokat kétségtelenül nagymértékben befolyásoló csapadékösszegek hatását is figyelembe kellett volna vennünk.

A második változatnál a debreceni talajvízkút *egyes hónapjainak többévi közepes vízállás-változásait a debreceni klíma állomás megelőző havi középhőmérsékleteivel* kapcsolatban vizsgáljuk :

A 12 hónapra az alábbi korrelációs tényezőket kaptuk :

I. hónapban	$r_{1\|1} = -0{,}102$	VII. hónapban	$r_{1\|1} = -0{,}325$
II. hónapban	$r_{1\|1} = +0{,}093$	VIII. hónapban	$r_{1\|1} = +0{,}140$
III. hónapban	$r_{1\|1} = -0{,}561$	IX. hónapban	$r_{1\|1} = -0{,}238$
IV. hónapban	$r_{1\|1} = -0{,}413$	X. hónapban	$r_{1\|1} = -0{,}466$
V. hónapban	$r_{1\|1} = -0{,}356$	XI. hónapban	$r_{1\|1} = +0{,}080$
VI. hónapban	$r_{1\|1} = -0{,}293$	XII. hónapban	$r_{1\|1} = +0{,}126$

Bár a kapcsolat előjelre nézve legtöbb hónapra vonatkozóan helyes, ezek a számítások is azt mutatják, hogy a havonkénti kapcsolat a közepes talajvízállás-változások és a megelőző hónap középhőmérsékletei között ilymódon nem mutatható ki. Ez a körülmény is nyilván a csapadékok figyelmen kívül hagyásának a következménye.

A hőmérsékletek esetében is, különösen a talajvízállások előrejelzésénél, szó lehet több hónap középhőmérséklet-átlagának figyelembevételéről. Pld. Debrecen talajvízkútnál a tavaszi minimális havi középvízállás a téli hónapok (dec., jan., febr.,) középhőmérsékletével $r_{1|1} = +0{,}610$ értékű korrelációs tényezőt eredményezett. Ezekre a különböző csoportosításban szereplő kapcsolatokra még a többszörös korrelációszámításoknál utalni fogunk.

Összefoglalva a kétváltozós korrelációszámítással a talajvízállások és hőmérsékletek kapcsolatára nyert eredményeket, megállapíthatjuk, hogy itt sem megfelelő az egyidejű értékek korreálása. Kapcsolatot a talajvízállások és hőmérsékletek között csupán az átlagos értékek figyelembe vétele esetén nyerhetünk. A havi átlagos értékek kapcsolata azonban igen nagymértékben függ a kérdéses évek csapadékviszonyaitól. Ezért ilyen havi átlagok alapján a talajvízállás és hőmérsékletek között csak kivételesen kapunk megfelelő korrelációt. Célszerűbbnek látszik, ha a vízállások helyett a vízállás-változásokat vonjuk be számításainkba. Ilyenmódon ugyanis a megelőző hónapok, illetőleg évek átlagos időjárási viszonyaitól függő tényleges vízállások helyett csak az ezekben bekövetkező változások szerepelnek, amelyek nyilvánvalóan tisztábban megmutatják a hőmérsékletekkel való kapcsolatokat.

A sokévi havi közepes talajvízállások és a sokévi havi közepes hőmérsékletek kapcsolatánál a minőségi elemzés segítségével értékes, és alföldi viszonylatban általános érvényű elliptikus kapcsolatot tudtunk megállapítani. Ez a körülmény élesen rávilágít a talajvíztükör változásának tanulmányozásánál a minőségi elemzés rendkívüli nagy fontosságára.

Érdekes, hogy egy-egy talajvízkútnál az egyes hónapok vízállás-változásainak az ugyanazon havi, valamint a megelőző havi hőmérsékletekkel való kapcsolata már nem mutatkozik megfelelőnek. A csapadékoknál, mint láttuk, az ilyen természetű összefüggések jó eredményre vezettek. Nyilvánvaló, hogy itt a hőmérsékleteknél éppen a csapadékok hatásának elhanyagolása okozza az eltéréseket.

Végeredményben megállapíthatjuk, hogy a talajvízállások és a hőmérsékletek közötti kapcsolat bizonyos esetekben kétváltozós korrelációval is kimutatható. Ezek a kapcsolatok azonban a gyakorlati feladatok megoldásánál nem játszanak különösebb szerepet és így a hőmérsékletek hatását is, csakúgy mint a csapadékösszegek befolyását, legcélszerűbb a talajvízállásoknak többszörös korrelációval való meghatározásánál figyelembe venni.

Mielőtt a talajvízállásoknak többszörös korreláció segítségével való meghatározására rátérnénk — röviden ki kell térnünk *a párolgásnak* a talajvízállásokra gyakorolt hatására is. A talajvízállásoknak a párolgásokkal való kapcsolatát hazánkban tényleges észlelések alapján még nem állapították meg. Ennek a kérdésnek a tisztázása a következő évek feladatát fogja képezni. Természetesen a talajvízállások változásának vizsgálatánál figyelembe kell vennünk, hogy a hőmérsékletek már többé-kevésbbé meghatározzák a párolgást is. A párolgás ugyanis igen szoros kapcsolatban van a léghőmérsékletekkel, amit a dr. Komlósi telepen szabad vízfelszín párolgásával kapcsolatban számszerűen is meghatároztunk. A párolgásnál természetesen számításba kell venni a párolgó víz hőmérsékletét, a szél sebességét és a levegő páranyomását is. Ez utóbbiak közül a párolgó víz hőmérséklete nyilván a léghőmérséklettel szintén, bizonyos mértékben figyelembe van véve. A szélsebesség és a páranyomás hatása azonban sajnos már nem jut kifejezésre. Mégis véleményünk szerint mostani vizsgálatainkat a párolgás figyelembevétele nélkül is elvégezhetjük és a léghőmérsékletek számításba vétele elegendőnek mondható.

3. A talajvízállások, valamint a csapadékösszegek és a hőmérsékletek együttes kapcsolata

A talajvíztükör változását a többszörös korreláció segítségével oly módon vizsgálhatjuk, hogy a minőségi elemzés eredményei alapján, valamint a kétváltozós korrelációszámítás adta megállapításokat felhasználva, *egynél több független változót* vezetünk be. A függő változó itt is minden esetben a talajvízállás, vagy a talajvízállás-változás lesz.

Ha végiggondoljuk az 1—2. *fejezetekben* ismertetett eredményeket, nyilvánvalóvá válik, hogy a talajvíztükör változásait rendkívül sokféle változat alapján vizsgálhatjuk. Az eddigi tapasztalatok alapján a tényleges észlelésekkel való számítást mellőzzük és közvetlenül az átlagok segítségével kíséreljük meg a kapcsolatokat meghatározni.

Két példát fogunk részletesen letárgyalni és ezeknek kapcsán bemutatni, hogy miképpen lehet a változók megfelelő kiválasztásával megbízható összefüggéseket levezetni. A független változók kiválasztásának módszereit, valamint a kapcsolatok megbízhatóságának vizsgálatait tanulmányunk bevezető részében már letárgyaltuk. Ezekre tehát itt nem térünk ki, hanem csak a példák során fogjuk az ott leszűrt eredményeket hasznosítani.

I. Vonatkozzék az első példa a *Kecskemét melletti »dr. Komlósi« talajvíztelep aknakútjának havi közepes vízállás-változásaira.* Az egyes hónapok középvízállásaiban, a megelőző hónapok középvízállásaihoz viszonyított változások fogják tehát adni a függő változóra vonatkozó adatokat. A kétváltozós korrelációszámításoknál már az első fejezetben bemutattuk, hogy ezek a havi közepes vízállás-változások milyen kapcsolatban vannak a tárgyhónap, valamint a megelőző hónap csapadékösszegeivel. Azt is kiszámítottuk már, hogy milyen a kapcsolat a tárgyhónap és a megelőző hónap középhőmérsékletével. Ez a négy korrelációs tényező itt a többszörös korrelációszámításnál *parciális korrrelációs tényezőként* fog szerepelni. Az említett négy kapcsolatot jellemző korrelációs tényező az alábbi:

havi közepes talajvízállás-változás	—	tárgyhó középhőmérséklete	r_1	=	−0,85
«	«	«	«	—	tárgyhó csapadékösszege	r_2	=	+0,05
«	«	«	«	—	megelőző hó középhőmérs.	r_3	=	−0,83
«	«	«	«	—	megelőző hó csapadékösszege	r_4	=	+0,49

A parciális korrelációs tényezők szerint tehát a havi közepes talajvízállás-változás igen szoros negatív kapcsolatban áll a tárgyhónap és a megelőző hónap középhőmérsékletével, közepesnek mondható kapcsolatot mutat a megelőző hó csapadékösszegével és végül igen gyenge kapcsolatot tüntet fel a tárgyhónap csapadékösszegével.

Nyilvánvaló, hogy jobb kapcsolatot nyerünk, ha a havi közepes talajvízállás-változásnak az említett 4 független változó közül nem csupán eggyel, hanem többel, esetleg mind a néggyel való együttes kapcsolatát állapítjuk meg.

Valamennyi lehetséges változatot természetesen gyakorlati szempontból nem érdemes kiszámítani. Mi azonban a példa teljességének érdekében az összes lehetséges változatot meghatároztuk. A függő változó minden esetben a vízállás-változás *(Y)*. A kétváltozós parciális korrelációk száma, mint láttuk, összesen 4, vagyis számuk azonos az $n = 4$ elemből (X_1, X_2, X_3 és X_4) képezhető *szólók* számával, ami nem más, mint az $n = 4$ elemből alkotható elsőosztályú kombinációk száma: $\binom{n}{1}$. A háromváltozós korrelációk száma azonos a 4 elemből alkotható *ambók* számával, vagyis egyenlő az $n = 4$ elemből képezhető másodosztályú kombinációk számával. Így a háromváltozós korrelációk száma $\binom{n}{2} = 6$

lesz. A négyváltozós korrelációk száma azonos a 4 elemből alkotható *ternók* számával, vagyis egyenlő az $n = 4$ elemből képezhető harmadosztályú kombinációk számával. Ezek szerint $\binom{n}{3} = 4$ lesz a négyváltozós korrelációk száma. Az ötváltozós korrelációk száma $\binom{n}{4}$, vagyis ilyen korreláció csak egy lesz. Az összes lehetséges többszörös korrelációk száma tehát $6 + 4 + 1 = 11$ lesz. Erre a 11 változatra vonatkozó korrelációs tényezőket és teljes feltételes szórásokat a *I. táblázatban* állítottuk össze. A táblázat elején, összehasonlítás céljából megadtuk a 4 kétváltozós korrelációra vonatkozóan is a korrelációs tényezőket és szórásokat.

I. TÁBLÁZAT

A »dr. Komlósi-telep« aknakútja, csapadék- és klima-állomása

Y a havi közepes talajvízállás-változás
X_1 a tárgyhó középhőmérséklete
X_2 a tárgyhó csapadékösszege
X_3 a megelőző hó középhőmérséklete
X_4 a megelőző hó csapadékösszege
Y teljes szórása $\sigma_0 = 15{,}47$ cm

Kétváltozós kapcsolatok

	Parciális korrelációs tényező		Teljes feltételes szórás
Y, X_1	$r_1 = -0{,}85$	$r_1^2 = 0{,}722$	$\sigma_y^{(1)} = 8{,}14$
Y, X_2	$r_2 = +0{,}05$	$r_2^2 = 0{,}0025$	« $= 15{,}41$
Y, X_3	$r_3 = -0{,}83$	$r_3^2 = 0{,}689$	« $= 8{,}71$
Y, X_4	$r_4 = +0{,}49$	$r_4^2 = 0{,}185$	« $= 13{,}41$

Háromváltozós kapcsolatok

			Teljes feltételes szórás
	Y, X_2, X_4	totális korrelációs tényező $R^2 = 0{,}249$	$\sigma_y^{(2)} = 13{,}40$
	Y, X_2, X_3	« « « « $= 0{,}687$	« $= 8{,}65$
a.,	Y, X_3, X_4	« « « « $= 0{,}717$	« $= 8{,}23$
	Y, X_1, X_2	« « « « $= 0{,}757$	« $= 7{,}63$
b.,	Y, X_1, X_3	« « « « $= 0{,}762$	« $= 7{,}55$
	Y, X_1, X_4	« « « « $= 0{,}764$	« $= 7{,}52$

Négyváltozós kapcsolatok

			Teljes feltételes szórás
	Y, X_2, X_3, X_4	totális korrelációs tényező $R^2 = 0{,}737$	$\sigma_y^{(3)} = 7{,}91$
	Y, X_1, X_2, X_3	« « « « $= 0{,}784$	« $= 7{,}19$
c.,	Y, X_1, X_3, X_4	« « « « $= 0{,}784$	« $= 7{,}19$
	Y, X_1, X_2, X_4	« « « « $= 0{,}788$	« $= 7{,}13$

Ötváltozós kapcsolat

d.,	Y, X_1, X_2, X_3, X_4	totális korrelációs tényező $R^2 = 0{,}920$	$\sigma_y^{(4)} = 4{,}39$

Az összes változat részletes tárgyalásától azonban a rövidség kedvéért eltekintünk. Az I. táblázatban a megbízhatóság szerint következnek az egyes változatok egymásután. Ezek közül részletesen csak a *a)* és *b)* alatti három-, a *c)* alatti négy- és a *d)* alatti ötváltozós korrelációt ismertetjük.

a) Válasszuk először *a havi közepes talajvízállás-változások, valamint a megelőző hónap középhőmérséklete és csapadékösszege közötti kapcsolatot.* Ennek a kapcsolatnak az elbírálásához is természetesen, az összes lehetséges 11 változathoz hasonlóan, a teljes háromváltozós többszörös korreláció számítását elvégeztük. A részleteket azonban mellőzhetjük, mert bennünket csak a végeredmény, vagyis a totális korrelációs tényező négyzete és a teljes feltételes szórás érdekel. A totális korrelációs tényező négyzete ebben az esetben $R^2 = 0{,}717$, a teljes feltételes szórás pedig, ha Y-al jelöljük a talajvízállás-változásokat (a függő változót) $\sigma_y^0 = 8{,}23$. Ez a kapcsolat nem mondható szerencsésnek, mivel a totális korrelációs tényező aránylag gyenge kapcsolatra mutat.

b) Nézzük a következő csoportosítás szerint *a havi közepes talajvízállás-változásának a tárgyhónap és a megelőző hónap középhőmérsékletével való kapcsolatát.* Ennél a kapcsolatnál végeredményben $R^2 = 0{,}762$ totális korrelációs tényezőt és $\sigma_y^0 = 7{,}55$ teljes feltételes szórást kaptunk. Ez a kapcsolat már jobbnak mondható az előbbinél. Kisebb lett a feltételes szórás és lényegesen nagyobb a totális korrelációs tényező.

c) Olyan változatokat is vizsgálhatunk természetesen, amelyeknél három független változó, tehát a függő változót is beleszámítva, *összesen négy változó szerepel.* Vizsgáljuk ezek közül a négyváltozós kapcsolatok közül azt a változatot, amelynél a havi közepes talajvízállás-változásnak a tárgyhónap és a megelőző hónap középhőmérsékletével, valamint a megelőző hó csapadékösszegével való kapcsolatát keressük. A számításokat elvégezve, azt találjuk, hogy a totális korrelációs tényező $R^2 = 0{,}784$, a teljes feltételes szórás pedig $\sigma_y^0 = 7{,}19$. Ez a kapcsolat már igen megbízhatónak látszik, mert a totális korrelációs tényező aránylag szoros kapcsolatra utal.

d) Ha a három és négyváltozós kapcsolatok után áttérünk az ötváltozós összefüggés meghatározására, kitűnik, hogy a legtökéletesebb kapcsolatot tudjuk meghatározni. Ennél az *ötváltozós korrelációnál* keressük tehát a dr. Komlósi telepen az aknakút havi közepes talajvízállás-változásainak a tárgyhónap középhőmérsékletével és csapadékösszegével, valamint a megelőző hónap középhőmérsékletével és csapadékösszegével való kapcsolatát. A totális korreláció ebben az esetben $R^2 = 0{,}920$, ami rendkívül szoros kapcsolatra mutat az említett változók között. Nagymértékben csökken a teljes feltételes szórás. A számítások szerint ugyanis $\sigma_y^0 = 4{,}39$. Ennél a változatnál megadjuk a kapcsolatot kifejező egyenlőséget is.

Jelöljük — az I. táblázathoz hasonlóan — a talajvízállások várható értékét Y^0, a tárgyhónap középhőmérsékletét X_1 a tárgyhónap csapadékösszegét X_2, a megelőző hónap hőmérsékletét X_3, végül a megelőző hó csapadékösszegét X_4-el. Ebben az esetben a keresett egyenlőség:

$$Y^0 = 17{,}929 - 1{,}146\,X_1 - 0{,}052\,X_2 - 0{,}572\,X_3 + 0{,}079\,X_4 \ldots\ldots \quad (6).$$

A (6) alatti összefüggésnél az X_1, X_2, X_3, és X_4 független változók együtthatóinak előjele meg kellene, hogy feleljen a minőségi elemzés során megállapított ok és okozati viszonynak. Vagy másképen kifejezve: az együtthatók előjeleinek azonosaknak kellene lenniök a megfelelő kétváltozós parciális korrelációs tényezők előjelével. Ez röviden annyit jelent, hogy a hőmérsékletek együtthatója negatív, a csapadékösszegek együtthatója pedig pozitív kell, hogy legyen, mert így adódik ki, hogy növekvő hőmérsékletek csökkentik, növekvő csapadékösszegek pedig növelik a talajvízállás-változásokat. Ez a követelmény a tárgyhónap csapadékösszegének X_2-nek együtthatójánál nincsen kielégítve. X_2 együtthatója ugyanis helytelenül negatív előjelű. Ennek a körülménynek a részletes kielemzése túl messze vezetne és ezért csak annak megállapítására szorítkozunk, hogy X_2 együtthatójának helytelen előjele a keresett kapcsolatot kifejező egyenlőségnek a lineáristól való eltérését mutatja. Azt is meg kell azonban jegyeznünk, hogy a tárgyhónap csapadékösszege aránylag oly kismértékben befolyásolja a várható havi közepes talajvízállás-változásokat, hogy ebből a szempontból az összefüggés használható.

Az ismertetett példa eredménye már felhasználható a talajvízállás-változások előrejelzésére is. Az előrejelzésekre vonatkozó megjegyzéseinket a tanulmány végén találja meg az olvasó.

II. Második számú példánknál vizsgáljuk *a legmagasabb havi közepes talajvíztükör kapcsolatát a lehullott csapadékösszegekkel és hőmérsékletekkel.*

A kétváltozós kapcsolatokra vonatkozó számításoknál kitűnt, hogy a talajvízállások nem mutatnak kapcsolatot az egyidejű csapadékösszegekkel és hőmérsékletekkel, bár az ok és okozati összefüggés fennáll. Azt is láttuk, hogy átlagokkal már bizonyos kapcsolatok kimutathatók.

Ezeket a megállapításokat figyelembe véve több lehetőség kínálkozik arra, hogy a legmagasabb havi közepes talajvíztükröt meghatározó talajvízállásokat többszörös korrelációval meghatározzuk. Az erre vonatkozó eddigi tanulmányaink azt mutatják, hogy a legszerencsésebbek és legjobbak azok a kapcsolatok, amelyeknél a legmagasabb talajvíztükröt megelőző időszak valamilyen jellemző talajvízállását is figyelembe vesszük. A legmagasabb talajvíztükör hazánkban általában a tavaszi hónapokban, míg a legalacsonyabb az őszi hónapokban jelentkezik. Önként kínálkozik tehát, hogy a tavaszi legmagasabb havi közepes talajvízállást a megelőző ősz legalacsonyabb havi közepes talajvízállásával hozzuk kapcsolatba. Nyilvánvaló ugyanis, hogy a tavaszi maximum nagymértékben függ attól, hogy milyen szintről indult a talajvízállások őszvégi-téli emelkedése. A csapadékok számításbavételénél szem előtt kell tartanunk, hogy a fagy-

mentes hónapok csapadéka másképpen befolyásolja a talajvíztükör változását, mint a téli hónapok csapadéka. Ugyanez vonatkozik a hőmérsékletekre is. Természetesen mint már említettük a legkülönbözőbb változatok összeállítása lehetséges. Legyen mostani vizsgálatunknál a függő változó *(Y)*, a talajvízállások tavaszi minimális havi középértéke (ami a legmagasabb havi közepes talajvíztükröt jelenti), a függő változók pedig: a megelőző őszi maximális közepes talajvízállás (X_1), — ami a legalacsonyabb havi közepes talajvíztükröt jelenti, — továbbá az október-november-márciusi (X_2) és a december-január-februári (X_3) csapadékösszegek, végül a december-január-február hónapok átlagos léghőmérséklete (X_4) legyenek. Vonatkozzanak a vizsgálatok a debreceni talajvízkút vízállásaira, valamint a debreceni csapadékmérő- és klíma állomás csapadékösszegeire és középhőmérsékleteire.

Legelső feladatunk a tavaszi legmagasabb havi közepes talajvíztükörnek (a következőkben röviden: *tavaszi maximum)* az őszi legalacsonyabb havi talajvíztükörrel (a következőkben röviden: *őszi minimum*), valamint a fagymentes és téli 3—3 hónap csapadékösszegével, végül pedig a három téli hónap középhőmérsékletével való parciális korrelációs tényezőinek a kiszámítása. A számítás részleteit mellőzve, végeredményben az említett négy kapcsolatot jellemző korrelációs tényező az alábbi:

tavaszi maximum — őszi minimum	$r_1 = +0{,}700$
tavaszi maximum — fagymentes hónapok, csapadékösszege	$r_2 = -0{,}694$
tavaszi maximum — téli hónapok csapadékösszege	$r_3 = -0{,}304$
tavaszi maximum — téli hónapok középhőmérséklete	$r_4 = +0{,}610$

A parciális korrelációs tényezők szerint tehát a tavaszi maximum igen szoros pozitív kapcsolatban áll az őszi minimummal, valamint a téli hónapok középhőmérsékletével. A tavaszi maximum ugyancsak szoros, de negatív kapcsolatban áll az őszi hónapok csapadékösszegével. Végül pedig a tavaszi maximum a közepesnél gyengébb negatív kapcsolatot mutat a téli hónapok csapadékösszegével. Itt kell megemlítenünk, hogy mintegy 15—20 alföldi talajvízkútra már elvégeztük a debreceni példához hasonló számításokat. A számítások eredményei kutanként bizonyos eltéréseket mutatnak ugyan, — jeléül annak, hogy a helyi körülmények rendkívül nagy mértékben befolyásolhatják az egyes kutaknál a talajvízállások változását, — de általában hasonló kapcsolatok állanak fenn az egyes talajvízkutaknál.

Itt is fennáll természetesen, hogy megbízhatóbb lesz kapcsolatunk, ha a tavaszi maximumnak a felsorolt négy független változó közül nem csupán eggyel, hanem többel, esetleg mind a néggyel való *együttes* kapcsolatát határozzuk meg.

II. TÁBLÁZAT

Debreceni talajvízkút, csapadék- és klima-állomás

Y a legmagasabb havi közepes talajvíztükör
X_1 a legalacsonyabb havi közepes talajvíztükör
X_2 az október—november—márciusi csapadékösszeg
X_3 a december—január—februári csapadékösszeg
X_4 a december—január—februári átlagos léghőmérséklet
Y teljes szórása $\sigma_0 = 18$ cm

Kétváltozós kapcsolatok

	Parciális korrelációs tényező		Teljes feltételes szórás
Y, X_1	$r_1 = +0{,}700$	$r_1^2 = 0{,}490$	$\sigma_y^{()} = 12{,}84$
Y, X_2	$r_2 = -0{,}694$	$r_2^2 = 0{,}482$	» = 12,95
Y, X_3	$r_3 = -0{,}304$	$r_3^2 = 0{,}092$	» = 17,14
Y, X_4	$r_4 = +0{,}610$	$r_4^2 = 0{,}372$	» = 14,25

Háromváltozós kapcsolatok

			Teljes feltételes szórás
	Y, X_3, X_4 totális korrelációs tényező	$R^2 = 0{,}420$	$\sigma_y^{()} = 13{,}71$
a)	Y, X_1, X_4 « « «	« = 0,621	« = 11,10
	Y, X_2, X_4 « « «	« = 0,623	« = 11,05
	Y, X_2, X_3 « « «	« = 0,625	« = 11,02
b)	Y, X_1, X_2 « « «	« = 0,663	« = 10,45
	Y, X_1, X_3 « « «	« = 0,700	« = 9,87

Négyváltozós kapcsolatok

			Teljes feltételes szórás
	Y, X_2, X_3, X_4 totális korrelációs tényező	$R^2 = 0{,}720$	$\sigma_y^{()} = 9{,}54$
c)	Y, X_1, X_2, X_4 « « «	« = 0,736	« = 9,25
	Y, X_1, X_3, X_4 « « «	« = 0,763	« = 8,75
	Y, X_1, X_2, X_3 « « «	« = 0,876	« = 6,33

Ötváltozós kapcsolat

d) Y_1, X, X_2, X_3, X_4 totális korrelációs tényező $R^2 = 0{,}932$ $\sigma_y^{()} = 4{,}69$

A teljesség kevéért ennél a példánál is valamennyi lehetséges változatot kiszámítottuk. Ezeknek a száma természetesen megegyezik a I. példánál részletezett kapcsolatok számával, mivel a két példánál azonos a változók száma. A *II. táblázatban* összefoglaltuk a lehetséges 4 kétváltozós, valamint 11 többszörös parciális korrelációkra vonatkozó korrelációs tényezőket és teljes feltételes szórásokat. A II. táblázatban a megbízhatóság szerinti sorrendben következnek az egyes változatok.

Itt sem tárgyaljuk részletesen az összes változatot, hanem csak az *a)* és *b)* alatti három-, a *c)* alatti négy- és a *d)* alatti ötváltozós korrelációt ismertetjük.

a) Az első változatnál keressük a tavaszi maximumnak az őszi minimummal és a téli hónapok középhőmérsékletével való kapcsolatát. A kapcsolat elbírálásához kiszámítottuk és meghatároztuk a teljes *háromváltozós többszörös korrelációt.* Számításaink szerint a totális korrelációs tényező négyzete $R^2 = 0{,}621$, a teljes feltételes szórás pedig $\sigma_y^{(0)} = 11{,}1$. Megemlítjük, hogy a függő változó, a tavaszi maximum egyéni szórása (teljes szórása) $\sigma_0 = 18$, vagyis mint a bevezetésben bebizonyítottuk, valóban nagyobb mint a háromváltozós kapcsolat alapján kiszámítható teljes feltételes szórás.

b) A debreceni tavaszi maximumra vonatkozóan *még egy háromváltozós* kapcsolatot mutatunk be. Itt a két független változó: az őszi minimum és a három őszi hónap csapadékösszege. Ennél a változatnál a totális korrelációs tényező $R^2 = 0{,}663$, a teljes feltételes szórás pedig $\sigma_y^{(0)} = 10{,}45$. Ezeket az értékeket összehasonlítva az előbb tárgyalt háromváltozós kapcsolattal, azt látjuk, hogy ha a tavaszi maximumokat az őszi minimumok mellett, nem a téli hónapok középhőmérsékletével, hanem az őszi hónapok csapadékösszegével hozzuk kapcsolatba, valamivel jobb összefüggést nyerünk.

c) Négy változó figyelembevételével, még jobb eredményt kapunk. Keressük, például a tavaszi maximumnak az őszi minimummal, a fagymentes hónapok csapadékösszegével és a téli hónapok átlagos hőmérsékletével való kapcsolatát. Ennél a változatnál a totális korrelációs tényező négyzete $R^2 = 0{,}736$, a teljes feltételes szórás pedig $\sigma_y^{(0)} = 9{,}25$. A totális korrelációs tényező és a teljes feltételes szórás mutatják, hogy nem volt felesleges az őszi minimum mellett a fagymentes hónapok csapadékösszegének és a téli hónapok középhőmérsékletének *együttes* figyelembevétele.

d) Utolsó lépésként vegyük figyelembe mind az öt változót, vagyis *keressük a debreceni talajvízkútnál a tavaszi maximumnak az őszi minimummal, a fagymentes és téli hónapok csapadékösszegével, valamint a téli hónapok középhőmérsékletével való együttes kapcsolatát.* Az ötváltozós korreláció kiszámítása után azt kapjuk, hogy a totális korrelációs tényező $R^2 = 0{,}932$, a teljes feltételes szórás pedig $\sigma_y^{(0)} = 4{,}69$. Ez a kapcsolat már teljes mértékben kielégítőnek mondható. A totális korrelációs tényező négyzete ugyanis lényegesen nagyobb, mint akármelyik parciális korrelációs tényező négyzete, ami a csaknem negyedrészére csökkent szórással együtt mutatja, hogy a független változók figyelembevétele és kiválasztása igen sikeres.

A keresett kapcsolatot kifejező egyenlőség:

$$Y^{(0)} = 203{,}76 + 0{,}438\ X_1 - 0{,}207\ X_2 - 0{,}223\ X_3 + 2{,}198\ X_4 \ldots\ldots (7)$$

A független változók, X_1, X_2, X_3, X_4 együtthatóinak előjele rendre megegyezik a megfelelő parciális korrelációs tényezők előjelével, amiből arra követ-

keztethetünk, hogy a kapcsolatot valójában ki lehet fejezni többszörös lineáris korrelációval.

A csapadékoknak és hőmérsékleteknek a talajvíztükör változására gyakorolt hatását tekintve tehát — eddigi fejtegetéseink gyakorlati hidrológiai felhasználását illetően — az alábbi megállapításokat tehetjük.

Sem a csapadékkal, sem a hőmérséklettel, sem a kettő együttes figyelembevételével nem lehet a talajvízállással való kapcsolatot kimutatni egyidejű tényleges észlelési értékek alapján. Ez a körülmény — mint már említettük — azzal magyarázható, hogy mind a csapadéknak, mind a hőmérsékletnek időbelileg csak eltolva mutatkozik meg a hatása.

Kapcsolatot a talajvízállás, illetőleg talajvízállás-változás, valamint a csapadék és hőmérsékletek között csakis átlagos értékek alapján lehet kimutatni. Az átlagos értékek alapján meghatározott kapcsolatok is azonban igen eltérő eredményeket mutatnak. Ez alól az sem kivétel, ha a csapadék és hőmérsékletek hatását együttesen vesszük figyelembe, vagyis többszörös okozati viszony alapján állapítjuk meg az összefüggéseket. A különbségek oka nyilván a talajvíztükör kialakulásánál rendkívül nagy szerepet játszó helyi körülmények hatásában keresendő. A helyi körülmények hatása olyan erős lehet, hogy egyes esetekben a legmegbízhatóbbnak mondható kapcsolat sem mutatható ki.

Annak a körülménynek az eldöntése, hogy milyen átlagokat hozzunk kapcsolatba, mindig kiterjedt minőségi elemzés feladatát kell, hogy képezze. Eddigi tapasztalataink azt mutatják, hogy a havi átlagok kapcsolata legtöbb esetben megállapítható. Természetesen nincs akadálya annak sem, hogy a havi átlagok helyett bizonyos időszakok átlagát, — illetőleg a csapadékokat tekintve, — a kiválasztott időszak alatt lehullott csapadékokat vegyük figyelembe.

Általános szabályként állapíthatjuk meg, hogy célszerűbb a vízállások helyett a vízállás-változásokat figyelembe venni. Általánosságban azt is kimondhatjuk, hogy jobban kimutatható a kapcsolat — a talajvízállás-változásokat *megelőző időszakok* csapadékával, illetőleg hőmérsékletével, mint az ugyanazon időszakok átlagával.

Minden kétváltozós kapcsolatnál elengedhetetlen a mérnöki gyakorlatban általánosan használt minőségi elemzés, amelynek során legcélszerűbben grafikus úton ellenőrizzük a vizsgált változók összefüggését.

Megbízható összefüggéseket általában többszörös okozati viszonyon alapuló kapcsolatokkal állapíthatunk meg. Mint már említettük — az ilyen kapcsolatoknál is megmutatkoznak az alföldi talajvízállásainknál jelentkező helyi különbségek okozta eltérések. Éppen ezért vidékenként — sok esetben — eltérő többszörös kapcsolatok fogják a legjobb eredményeket adni. Ezeknek a legjobb kapcsolatoknak a kikeresése — mint láttuk — nem okoz nehézségeket, ha mindig az ok és okozati viszony alapján végezzük vizsgálatainkat.

Ha vizsgálatainkat az elmondott alapelvek figyelembevételével végezzük el, akkor valóban hasznos segítséget nyerünk a hidrológia körébe vágó gyakorlati

feladatok megoldásánál. Szabványos módszerek alkalmazásáról tehát nem lehet szó, hanem mindig a körülményeknek megfelelően kell a legjobb megoldást kikeresnünk.

A statisztikai *előrejelzés* elve alapján, ha a korreláció az átlagos viszonyokat fejezi ki, az eredményeknek más időszakra való alkalmazása is megengedett. A műszaki gyakorlatban legtöbb esetben ez képezi az előrejelzések alapját. Így *a tanulmányunkban ismertetett kapcsolatok*, csaknem kivétel nélkül, *előrejelzési célokra is felhasználhatók*. Különösen alkalmas az előrejelzésre a (6), illetőleg (7) alatti többszörös kapcsolat. A (7) alatti kapcsolatot kifejező egyenlőséget, mint már említettük, mintegy 15—20 alföldi talajvízkútra, a Vízrajzi Intézetben folytatott tanulmányaink során, már meg is határoztuk. Ezek eredményei lehetőséget fognak nyujtani, hogy a mezőgazdasági termelés, valamint a télvégi — tavaszelejei belvizek levezetése szempontjából rendkívül fontos legnagyobb tavaszi havi középvízállásokat előre jelezhessük.

A talajvízállásokkal kapcsolatos előrejelzés természetesen a gyakorlati élet kivánalmainak megfelelően a legkülönbözőbb formában jelentkezhet. Minden ilyen feladatnál — az ok és okozati viszony megkeresése után — lehetőség nyílik az előrejelzés céljait szolgáló összefüggések levezetésére.

Az előrejelzési feladatokon kívül természetesen a hidrológia körében számos más természetű probléma is felmerülhet a talajvízállások változásával kapcsolatban. Legtöbb ilyen probléma a talajvíztükör változásának a törvényszerűségére fog vonatkozni. A talajvíztükör változásának törvényszerűségeit ismerve ugyanis — mindazoknál a műszaki feladatoknál, amelyeknél a talajvíz, illetőleg a talajvízállás szerepet játszik : a munkálatok tervezésénél, kivitelezésénél, valamint a kész műszaki alkotások üzemével kapcsolatos kérdésekre is feleletet fogunk tudni adni.

A tanulmányhoz szükséges nagyszámú korreláció felállításánál, valamint a számítások legnagyobb részénél Puskás Rezső és Keresztury Károly voltak munkatársaim. Az ellenőrző számításoknál Honti Gyula és Ubell Károly, a leírási és rajzolási munkáknál pedig Ujj Györgyné, Udvardy Gyuláné és Lippai Ferenc voltak nagy segítségemre. Nagy szakértelemmel és buzgón végzett munkájuk nagyban elősegítette a tanulmány eredményes befejezését.

HOZZÁSZÓLÁSOK

BOGÁRDI JÁNOS előadásához

NÉMETH ENDRE

A természettel foglalkozó tudományok nyilvánvalóan tapasztalati tudományok és két csoportba oszthatók, olyanokra amelyek kísérletek útján előállított jelenségekből is meríthetnek és olyanokra, amelyek csupán a természetes jelenségek vizsgálatára vannak utalva. Előbbieket kísérleti természettudományoknak, utóbbiakat természettörténeti tudományoknak nevezhetjük. A hidrológia is természettörténeti tudomány, mert az általa vizsgált jelenségek színhelyének roppant kiterjedése folytán kísérleteket nem végezhetvén, befejeződött jelenségekről szerzett tapasztalatokból kell merítenie. Ezért — bár az oksági elv alapján épül fel — számos problémája csak a valószínűségszámítás útján tárható fel. Amíg a valószínűségszámítás be nem vonult módszereink közé, addig sok bonyolult jelenségre vonatkozólag még a kérdést sem tudtuk úgy felvetni, hogy arra gyakorlatilag hasznosítható választ kaphassunk. Különösen áll ez a talajvízzel kapcsolatos jelenségekre, amelyeknél legtöbbször még azt sem lehet kétséget kizárólag megmondani, hogy a lehetséges tényezők közül melyek azok, amelyek befolyást gyakorolnak a talajvízállás változására.

A valószínűségszámítás által bevezetett fogalmak segítségével már helyesen tehetjük fel a kérdést éspedig abban a formában: van-e kapcsolat két vagy több jelenség között? Erre a kérdésre azután a megfigyelési adatok korrelációs módszerekkel való feldolgozásával nemcsakhogy választ tudunk adni, hanem a kapcsolat szorosságának mértékét is megjelölhetjük, sőt lineáris kapcsolat esetén magát az összefüggést és a valószínű szórást is megállapíthatjuk.

Az elhangzott előadásnak éppen az ad nagy jelentőséget, hogy a korrelációszámítást új területre, a talajvízállások vizsgálatára terjesztette ki és a gondosan elvégzett vizsgálatok eredményeinek gyakorlatilag hasznosítható értelmezést adott.

Teljes mértékben osztom az előadónak azt a megállapítását, hogy a beható korrelációs vizsgálatokat minőségi vizsgálatnak kell megelőznie, márcsak munkával való takarékosság miatt is. Minőségi vizsgálat során ugyanis legtöbbször kiemelkednek azok a tényezők, amelyekkel foglalkoznunk kell, egyben nyilvánvalóvá válik az is, hogy felesleges munkát elkerülendő mivel nem érdemes kísérletezni.

Mint az előadó is említette, a talajvízállásoknak a hőmérsékletekkel való összefüggésével magam is foglalkoztam. A tanulmány eredetileg az oslói hidrológiai kongresszusra készült volna, de másirányú elfoglaltságom miatt azóta sem tudtam befejezni. Vizsgálataim eredménye szerint az alföldi talajvízkutaknál a sokévi átlagból számított közepes havi vízállások elliptikus kapcsolatban állnak a sokévi havi átlagos léghőmérsékletekkel. Ez az összefüggés — úgy vélem — bizonyos jellegzetes sajátsága az alföldi talajvízállásoknak.

Az előadó által elvégzett analitikai számításokat ferde tengelyű ellipszisre is el kellene végezni, mivel megállapításaim szerint általában ferde tengelyű ellipszis fejezi ki a kapcsolatot. Az ellipszis ferdesége kútanként változott, ami lehetőséget nyujt, hogy a kutak egyéni sajátságait ebből a szempontból is kifejezésre juttassuk.

A hőmérsékletekről szólván, szabatosan meg kell jelölnünk, hogy milyen származású hőmérsékletet kívánunk a kapcsolatvizsgálatba bevonni. Úgy vélem, hogy igen fontos lenne a talajhőmérsékletek figyelembevétele. A hőmérsékleteket természetesen csak alkamasan definiált átlagos értékekkel lehet számításba venni.

Bogárdi előadásában ismertetett eredmények erős szellemi munka és nagyon szépen felépített tanulmány gyümölcsei. A szellemi munkával való takarékosság érdekében érdemes lenne a minőségi elemzés mellett a *Holdefleiss-féle* eljárást is alkalmazni annak előzetes felderítésére, hogy két mennyiség között van-e egyáltalán kapcsolat. Ennél az eljárásnál a két mennyiséget nagyságrendbe állítjuk, azaz nagyság szerint rangszámozzuk. Az időben összetartozó értékpárokat összehasonlítva azt tapasztaljuk, hogy általában rangszámbeli eltérés mutatkozik a két sorozat között. A rangszámbeli különbségnek összegei bizonyos mérvű jellemzői a két mennyiség korrelációjának. Pl.: ha mindkét sorozatnál az összetartozó rangszámok egyenlők, vagyis a rangszámkülönbségek összege 0, akkor a legszorosabb a kapcsolat. Ennek az eljárásnak segítségével gyorsan megállapítható a kapcsolat mértéke aszerint, hogy a rangszámkülönbségek összege mennyire tér el a 0-tól. Előzetes vizsgálatoknál előnyös lehet az ilyen egyszerű eljárás. Ezt az eljárást két változóra vonatkozólag ismerjük. Meg kellene vizsgálni, hogy több változó összefüggésére is alkalmazható-e. Amennyiben több változóra az eljárás nem alkalmazható, meg kellene kísérelni ilyen egyszerű eljárás megszerkesztését. Ennél a munkánál szivesen leszek majd az előadó segítségére.

SZILÁGYI GYULA

A rendszeres és hálózatos talajvízállás megfigyeléseknek, amelyeket a Vízrajzi Intézet végez, mindössze két évtizedes multja van és a talajvízállások változásának átfogó vizsgálata még kezdetleges állapotban van. Az eddigi vizsgálatok — amint az előadó is kiemelte — minőségi alapon történtek, vagyis a vizsgált jelenség tárgyi ismerete alapján próbálták a befolyásoló tényezők érvényesülését és hatását megvilágítani. Ezen a téren bizonyos eredmények is alakultak ki. A minőségi elemzés mindig a legelső teendője és elengedhetetlenül fontos eljárása marad a talajvízvizsgálatoknak éppen úgy, mint akármilyen más hidrológiai jelenség kutatásának.

De a minőségi elemzés egymagában nem képes a talajvíz változásának menetét (melynek kialakulásában többféle véletlennek látszó, esetleges jelenség játszik közre) kielégítő módon és úgy feltárni, hogy abból a gyakorlat igényeit kielégítő mennyiségi következtetéseket lehessen levonni. Az ilyen bonyolult és sokféle esetlegességnek kitett jelenségek mennyiségi vizsgálatát a matematikai elemzés szokásos módszereivel sem lehet elvégezni, hanem a matematikai statisztika módszereihez kell folyamodni, amelyek a nagy számok törvényén, illetve a valószínűség elvén alapulnak és elsősorban az adattömegek időbeli, illetve térbeli eloszlásának meghatározására törekszenek.

Bogárdi a talajvízállás jelenségeinek vizsgálatához a korrelációszámítás módszerét választotta, amely éppen olyan jelenségek vizsgálatára alkalmas, amelyeket két vagy több változó érték egyidejű összekapcsolódása jellemez. Ez az összetartozás azonban nem meghatározott funkcionális kapcsolat, hanem csupán valószínűség-elméleti, ú. n. stochasztikus összefüggés, aminek lényege abban áll, hogy az egyik változó minden lehetséges értékéhez a másik változó többféle értéke kapcsolódik olymódon, hogy az így adódó értékpárok, illetve

több változó esetén értékcsoportok mindenikéhez meghatározott észlelt gyakoriság tartozik, s ennek alapján bármely értékpár előfordulására bizonyos valószínűség számítható. Minthogy pedig a változók között ilyen laza összefüggés áll fenn, a korrelációszámításnál hangsúlyozottan előtérbe lép a minőségi elemzés fontossága.

Bogárdi talajvízvizsgálata irányt mutató lépésnek mondható, amelynek nyomán kialakulhat a hazai talajvízadatok mennyiségi elemzésének módszere és a talajvízállás előrejelzésének lehetősége, aminek jelentőségére rá is mutatott.

Számítási eljárása során először szokatlannak tűnik fel, hogy a csapadék és a talajvízállás között negatív parciális korrelációt állapít meg, holott a szokásos minőségi értelmezés szerint ez az összefüggés pozitív korrelációt mutatna. Világos, hogy ez a fordított előjel onnan származik, hogy a talajvízállást az észlelőkút peremétől mért távolsággal értelmezi és az észlelt adatokat nem számítja át a talajvízszín alatt választott tetszőleges alapsíkra. Ez a beállítás azonban a lényeget nem érinti, mert vizsgálata során kitűnik, hogy a talajvízállások helyett a vízállás-változásokat célszerű számításba venni, ahol már ez a negatív értelmezés nem játszik szerepet.

Miközben lépésről-lépésre kimutatja, hogy az egyes tényezők hatásáról csak a többszörös korreláció módszere nyujt teljes képet, számításai során néhány érdekes összefüggés jön előtérbe.

Érdekes megállapítása például, hogy a talajvízállásnak külön csak a csapadékkal vagy a hőmérséklettel való kapcsolása nem ad szoros korrelációt, pedig a minőségi elemzés alapján ezt várhatnánk.

Meglepő, hogy a vízállás-változások jobb és tisztább összefüggést mutatnak a megelőző havi átlagos *hőmérséklettel*, mint az átlagos *csapadékkal*, (ami a minőségi vizsgálat alapján nem annyira természetes).

Jelentősnek találom azt is, hogy a sokévi havi közepes vízállásoknak a sokévi átlagos csapadékösszeggel való kapcsolata nem mutatott jó korrelációt. Ez a kapcsolat a minőségi elemzés szemszögéből elvileg érdekes lehet, de gyakorlatilag nem sokat mondana, mert az ilyen alapon számított előrejelzéshez hozzá kellene fűzni a plusz-mínusz átlagos, vagy valószínű, vagy várható legnagyobb eltérés ingadozását, ami nagy érték lenne, s ez a gyakorlat számára tágkörű megállapítás lenne.

Bogárdi igen sok nehézség, sikertelenség és munka árán jutott eredményhez. Példái tanulságosak. Azt a látszatot kelthetnék, hogy nem egészen megbízható az eljárás, mert a minőségi elemzésnek ellentmondó eredményeket is hozhat. Részletesebb vizsgálatok azonban igazolják a korrelációszámítás megbízhatóságát. Ez a körülmény tehát arra figyelmeztet minket, hogy a minőségi elemzés mellett más utat is kell keresnünk.

Érdekes, hogy a többszörös korrelációba bevonandó változókra nézve felvilágosítást adnak az egyszeres kapcsolatok, mint parciális tényezők. Ezek rávezetik az embert arra, hogy melyiket vonja be a számításba, mikor többszörös korrelációszámítást végez. Ezeket variálva megmutatkozik a több tényező hatásának számítása, ami sok munkával jár, de megéri a fáradságot, mert más úton nem tudunk tiszta képet adni ezekről az összefüggésekről. Olyan összefüggéseket is meglátunk tisztán mennyiségi alapon, amelyeket a minőségi módszer csak sejtetni enged.

Végül óriási nagy eredménye ennek az eljárásnak, hogy segítségével fel lehet állítani a karakterisztikus egyenletet, s ez módot nyujt az előrejelzésre.

Még igen sok variáció lehetséges, Bogárdi is csak az elején van a vizsgálatoknak. Korlátlanok a lehetőségek olyan téren, ahol eddig még egyik országban sem történtek vizsgálatok. Tanulságos lenne, ha Bogárdi előadásszövegének közlésével egyidejűleg az összehasonlító, kontrollmegállapításokat is közölné. Minden téren, ahol eddig valószínűségszámítással dolgoztunk, sikeres volt a munkánk. Erre különben a szovjet irodalomban is számtalan példát találunk.

MOSONYI EMIL lev. tag

Bogárdi igen világos okfejtéssel előadott előadásához több vonatkozásban szeretnék hozzászólni.

Hogy a vizsgálatoknak mi a jelentősége a vízgazdálkodás szempontjából, arra talán most nem fogok kitérni részletesen. Csak röviden mutatok rá arra, hogy vízügyi, vízgazdálkodási problémáink megoldásához nélkülözhetetlen kérdés a talajvíztükör-változás törvényszerűségének minél tisztábban, minél világosabban való megismerése. Legyen szabad hozzászólnom három vonatkozásban az előadáshoz: a talált kapcsolatok tekintetében, az előrejelzés szempontjából és abban a tekintetben, hogy mire kellene a vizsgálatoknak még tovább kiterjednie, ha az okok megváltoznak, ha mesterséges beavatkozások történnek.

A kapcsolatok vizsgálatánál meglepett az érdekes levezetés, ahogyan *Bogárdi* rámutatott, hogy különböző változók felvételével hogyan alakulnak a korrelációs tényezők. Azzal a módszerrel, ahogyan Bogárdi bátran bemutatta azokat a kapcsolatokat is, amelyek nem kedvezőek, sokkal tisztább képet adott számunkra és a kérdést sokkal jobban megvilágította, mintha csak a jó eredményeket vázolta volna. Előadásának ezt a módját tartom az egyik legértékesebb momentumnak, mert ez képessé tesz minket arra, hogy jó kritikai képet kapjunk a kérdésről akkor is, ha nem tudtunk benne elmélyedni.

Valószínűleg még több változót kell felvenni, mert ha megtalálnánk azokat a változókat, s azoknak terjedelmét, amelyek a keresett összefüggés meghatározásához éppen szükségesek, akkor nem kellene korrelációt számítani, megvolna a törvényszerűség. Amíg azonban ez nincs megoldva, addig ennek megközelítése a korrelációszámítás fokozottabb kialakításával történhetik.

A kapcsolatok megtalálásánál felhívom a figyelmet arra, hogy itt a minőségi vizsgálat minél erősebb további kiterjesztésére van szükség. Célszerű volna nem a csapadékmennyiséggel, hanem annak súlyozott értékével számolni és azt belevinni a korrelatív összefüggésbe. A lehulló csapadék és a talajbajutó csapadék mennyisége között nagy különbségek vannak. A hőmérsékletnek a talajvíztükörre gyakorolt hatása függ attól, hogy maga a talajvíztükör hol áll, mert a párolgás mértéke erősen változik a talajvíztükör magasságával. Célszerű volna — ha nagyon nehéz is — a továbbfolytatandó vizsgálatokba korrelációs változónak valamilyen hidrogeológiai tényezőt is bevezetni. (Talajrétegződés, talajáteresztőképesség, vagy más olyan tényező, amivel kvantitatíve lehetne a hidrogeológiai viszonyokat jellemezni.)

Igen szellemes, ötletes és kezdeményező Bogárdi vizsgálati módszere, amely a talajvízállásról rátér a talajvízállás-változásra. Világviszonylatban is kényes kérdés, hogy a negatív hőmérséklet szerepét hogyan lehet másképpen kifejezésre juttatni. A fagypont feletti és alatti hőmérsékletingadozásnál különbség mutatkozik, akkor is, ha az ingadozás mértéke fokok szerint egyforma, mert áthaladva a fagyponton akár egyik, akár másik irányba, egyuttal más

törvényszerűségbe lépünk át. Ez nagyon kényes kérdés, de érdemes volna vele foglalkozni, mert előrejelzés esetében igen nagy jelentősége van.

A vizsgálandó területtel kapcsolatban rámutatok arra, hogy minket nemcsak az érdekel, hogy az adott természeti viszonyok között milyen korrelatív összefüggések állnak fenn a talajvíztükör helyzete és a kapcsolatos fizikai, meteorológiai, stb. tényezők között, hanem nagyon érdekel, hogyha meterséges beavatkozással belenyúlunk folyóinkba, pl. műtárgyat építünk, vagy öntözőművet létesítünk, amelyek megváltoztatják a talajvízháztartást, akkor a talajvíztükör életében milyen változások várhatók. Ezen a téren ismét rámutatok egy korábbi akadémiai előadásban tett hozzászólásra, amit *L. A. Elivia* előadásához fűztem. Eszerint abban az esetben, ha a beavatkozás hatására előálló kapcsolatokat vizsgáljuk, a szimptomatikus korreláció vizsgálatába kell belemenni. A hatás közös oknak az eredője, de ha a közös okokat megszüntetjük, vagy lazábbá tesszük mesterséges beavatkozással, rá kell térnünk arra, hogy szétválasszuk a szimptomatikus korrelációnál azokat az eseteket, amelyeket szinguláris, vagy szórt eseteknek nevezhetünk és amelyeket eddig mérési hibáknak minősítettünk. A Vízrajzi Intézet mérésfeldolgozási módszereinek tökéletesítésével elérhetjük, hogy a szórt adatok közül kiválasztjuk a mérési hibákat és azokat, amelyeket nem lehet hibának tekinteni. Ilyen módon majd egy »másodfokú« korrelációt kell számítani az összes lehetséges értékekből kiválasztott szinguláris esetekből.

SERF EGYED

A talajvíztükör változása hazai viszonyaink között erős mértékben befolyásolja a mélyépítési munkákat és a mezőgazdasági termelést. Olyan építmények, amelyeknek szerkezete a térszinthez viszonyítva egy előre meghatározott magasságban helyezendő el, más alapozási eljárással oldhatók meg alacsonyabb talajvízállásnál, mint magasabbnál. Az építési költségek is nagyobbak magas talajvízállásnál végrehajtott munkánál, mint alacsonyabbnál. A mélyépítési munkák tervezése és szervezése függvénye lehet tehát az építés közben előforduló talajvízállásnak, ezért kívánatos, hogy ismerjük viselkedését, változásának törvényszerűségét.

A talajvízről a multban ilyen vonatkozásban úgyszólván semmit nem tudtak. Tudomásul vették azt, hogy talajvíz van és annak felszíne változik. A szórványosan előforduló mélyépítési munkáknál legjobb esetben a tervezést megelőző talajfúrás alkalmával megállapított talajvízállást vették tekintetbe olyan változatlan értékkel, mintha a terep egy pontját rögzitették volna. Igy azután előfordult, hogy a tervező, aki nem ismerte a talajvíz változásának határait abszolút értékben, olyan alapozási tervet készített, amely a kivitelezés időpontjában talált több méterrel magasabb talajvízszint mellett, megvalósíthatatlanná vált. Építés közben kellett az egész felvonulást módosítva, egészen más rendszerű alapozásra áttérni, ami nyilvánvalóan olyan kiadásokkal járt, amelyek a talajvízről való részletesebb adatok birtokában elkerülhetők lettek volna.

Fejlődő népgazdaságunk, a szocialista tervgazdálkodás megvalósítása során olyan mélyépítési feladatokat old meg, amelyek méreteikben és mennyiségben sokszorosan túlszárnyalják a kapitalista idők hasonló feladatait. A mi építkezéseink számára nem közömbös, hogy a tervek és az organizáció megfelelő,

a kivitel gazdaságos-e, vagy sem. Mivel pedig a talajvíz az alapozási munkák végrehajtására döntő kihatással van, a talajvíz törvényszerűségeinek ismerete és a talajvíz változását előidéző különböző meteorológiai és egyéb tényezőkkel való kapcsolat felderítése a hidrológiai tudományos kutatás egyik súlyponti feladata kell, hogy legyen, mert a tervszerű munkát és gazdaságos végrehajtást — többek között — ezekkel lehet biztosítani. Ebből a szempontból örömmel üdvözlöm dr. Bogárdi János előadását, aki többszörös korreláció segítségével vizsgálta a talajvízállásokkal ok és okozati viszonyban álló meteorológiai tényezők kapcsolatait. Bogárdi a volt Országos Vízgazdálkodási Hivatal felkérésére még 1949-ben feldolgozta a Duna-Tisza köze és a Tiszántúl talajvíz-térképét, megállapította a talajvízállások szélső értékeit erre a területre és ezzel olyan anyagot szolgáltatott a mélyépítési tervezők számára, amelynek segítségével az említett terület bármely pontján, bármely időpontban észlelt talajvízállásról megállapítható, hogy az hogyan helyezkedik el a szélső értékek között. E vizsgálatok nagyobbrészt 10—15 éves megfigyelési adatok alapján történtek a Duna-Tisza közére és a Tiszántúlra, mivel a Dunántúlon talajvízmegfigyelő kutak elhelyezve nincsenek.

A mai előadásával komoly lépést tett a hosszúidejű előrejelzés útján, ami egyelőre hidrológiai kutatásunknak legkiáltóbb hézaga. Amíg ugyanis a Szovjetunióban már 1936-ban megjelent *Maskjevics Olga* tanulmánya »A hosszúidejű hidrológiai előrejelzések kisebb folyókon« címmel, amelyben a Moszkva folyó árvizeinek előrejelzését dolgozta fel, addig nálunk a hidrológiai előrejelzés analitikus módszereinek fejlesztése terén Bogárdi Jánosé a komolyabb kezdeményezés érdeme. Hogy az analitikus módszer alkalmazásával milyen eredmények érhetők el a hosszúidejű hidrológiai előrejelzés területén, annak jellemzésére kiemelem, hogy Maskjevics kitűnő munkájának nyomán a Moszkva folyó tavaszi árvízmagasságát egy méter pontossággal, időpontját 5—10 napos szórással kereken 6 héttel előre tudja jelezni. Ugyancsak 4—6 héttel előre és 4—6 napos hibával jelezni tudja a jég megjelenésének, a folyó beállásának és a jégpáncél felszakadásának időpontját. Minden hónapban meg tudja mondani, hogy a következő hónap középvízállása hogyan fog viszonylani a sok éves átlaghoz, magasabb vagy alacsonyabb lesz-e ennél. Maskjevics analitikus módszerének fontosságát kellőképpen csak akkor értékeljük, ha tudjuk, hogy a Moszkva folyó vízgyüjtőterülete annál a vízmércénél, amelyre a vizsgálatok vonatkoznak mindössze 8100 km². A hidrológiai előrejelzés analitikus módszerének elterjesztésével biztosabb alapokra lehet fektetni árvédekezésünket a Felső-Tisza és a Körösök vidékén, ahol rendszerint arra kell felkészülnünk, hogy 6—8 óra alatt következnek be hirtelen komoly emelkedések a vízállásban. Ha a Felső-Tisza és a Körösök vízgyüjtőterületére kidolgozzuk az árvizek és a meteorológiai tényezők kapcsolatait és kutatóink felállítják a hosszúidejű előrejelzés képleteit, úgy Maskjevics eredményeihez hasonlóan 80%-os valószínűséggel egy hónappal előre fogunk felkészülhetni az árvizek elleni védekezésre.

Összefoglalva rövid hozzászólásomat, megállapíthatjuk, hogy az előadás a gyakorlati élet követelményeinek kielégítésére szolgál. Tárgyánál fogva a talajvíz változásainak törvényszerűségét állapítja meg, módszerénél fogva pedig utat nyit más területen is a hosszúidejű hidrológiai előrejelzés megoldására.

Javaslom az előadás kinyomatását, továbbá azt, hogy a szervezés alatt álló Hidrológiai Tudományos Kutató Intézet kutatási programmjába a talajvízváltozások előrejelzésének vizsgálatát, valamint az árvizek hosszúidejű előrejelzésének a kérdését állítsa be.

AUJESZKY LÁSZLÓ

Az elhangzott igen kitűnő előadás a következő gondolatokat keltette fel bennem.

Az elmúlt évek folyamán a Szovjetunióban egy új tudományág keletkezett, a meteorológiának egy teljesen új ága, amely azt a nevet viseli, hogy »talajklimatológia«. Bizonyos fokig a nevéből is kitűnik, hogy feladata a következőkből áll: ez az új diszciplina a klimatológia elveit és kutatásmódjait alkalmazza a talajnak az anyagtömegein, tehát olyan helyen és olyan konzisztenciájú anyagokon, amelyek kívül esnek a meteorológia szűkebben vett illetékességén.

Legalábbis a megelőző évtizedek meteorológiájának az volt a felfogása, hogy ez a tudományszak csakis a légkör nagy gáztömegében végbemenő jelenségekkel foglalkozik és éppen elég tennivalója van ezeknek a változatos és bonyolult jelenségeknek a kutatásával, semhogy a légkör alsó végződését átlépve, még idegen övezetek egészen más típusú jelenségeinek a kutatását is módjában legyen elvállalni.

A szovjet kutatók azonban megmutatták, hogy a légköri folyamatok között sok olyan van, amelynek a föld felszínén nincsen vége, hanem ezek a folyamatok sok esetben behatolnak a légkör alatt fekvő hidroszférába és pedoszférába és ott tovább folytatódnak. Nemcsak a hatásaik nyilvánulnak meg a talajban, amit az eddigi meteorológia sem tagadott, hiszen senki sem húnyhat szemet afelett, hogy a talajban a külső időfolyamatoknak nagy hatásaik vannak, hanem maguk az időfolyamatok is sok esetben tovább folytatódnak a talajhézagok levegőjében.

Így például a legfontosabb külső időfolyamatok közül a talaj levegőjében is tovább folytatódnak bizonyos hősugárzási folyamatok, valamint az elgőzölgés folyamata, nemkülönben a kondenzációs jelenségek közül a harmatképződés. Sőt az is bebizonyult, hogy az utóbbi két jelenség a talajhézagokban még sokkal nagyobb léptékben folyik le, mint a szabadban. Ugyanis a talajbeli elgőzölgés és a földalatti harmatképződés általában sokkal nagyobb vízmennyiségeken megy végbe, mint a külső felszínen, és a földalatti harmat növényfiziológiai szempontból is sokkal nagyobb súllyal esik latba, mint a talajon kívül végbemenő harmatkondenzáció.

Le kell tehát számolnunk nem csak azzal a ténnyel, hogy a Föld felszíne még nem jelenti magának a légkörnek sem az alsó végét, mivel a pedoszférában is van még meglehetősen nagy mennyiségű levegő, hanem azzal is, hogy a talaj belsejében még ugyanazok az időfolyamatok is tovább folytatódnak, melyek a külső levegő meteorológiáját foglalkoztatják. Ez a tényállás szükségessé teszi, hogy a talajban fellépő időjelenségeket ugyanazokkal a jól bevált kutatási módokkal vizsgáljuk, amelyek a földfeletti időkutatásban hasznosaknak bizonyultak és ezt a feladatot vállalja el a Szovjetunióban kialakult talajklimatológia.

A talajklimatológia egyik kiemelkedő feladata a talajban levő víznek a vizsgálata hőviszonyok szempontjából, valamint halmazállapotváltozások szempontjából. Éppen azokat a jelenségeket kell tehát tisztáznia, amelyek a talajvíznek a felhalmozódását és elgőzölgés útján való elillanását befolyásolják. Meg kell itt említenem az egyik legfontosabb talajklimatológiai jelenséget, az ú. n. »átgőzölgést«, amely abból áll, hogy a viszonylag melegebb talajszintek hézagaiban a vizek elgőzölögnek, viszont a hidegebb talajhézagok falán újból kicsapódnak, éspedig ott vízbevonatot, vagy esetleg jégbevonatot alkotnak.

Különösen hevesen megy végbe ez az átgőzölgési folyamat ott, ahol a talajnak egy bizonyos szintjében víz van, egy másik szintjében pedig jég van.

A jégfelületnek a telítési nyomása még ugyanazon a hőfokon is általában kisebb, mint a víznek a telítési nyomása. Ennekfolytán a víz sebesen gőzölög el az egyik talajszintből és a vízgőz mohón fagy ki a jeges talajszintben, ami jelentékeny anyagmennyiségnek az átköltözését jelenti az egyik szintből a másikba ; ezt a fontos folyamatot a talajklíma *Bergeron-féle* jelenségének szokás nevezni.

Hazánkban ma még nagyon kevesen vagyunk, akik az időkutatásnak ezzel az új és fontos ágával foglalkozni kezdtünk. Éppen emiatt üdvözölnöm kell Bogárdi vizsgálatait, megjegyezve, hogy ez a vizsgálat nem csak a témája miatt számítandó bele a talajklimatológia kötelékébe, hanem a metodikája miatt is.

A klimatológiában ugyanis évtizedek óta használják a kutatók a különféle matematikai statisztikai segédeszközöket, közöttük pedig a kapcsolatszámítást is. Minden meteorológus átéli ennek a metodikának a nagy előnyeit, a melyeket az előadás szépen kihangsúlyozott a bevezetésben, de egyúttal átéljük a kapcsolatszámításnak a kevébbé vonzó oldalait is, amelyeket az előadásnak az anyaga ugyancsak példáz, jóllehet ezeket kevésbbé élesen emeli ki.

Ilyen nehézsége a kapcsolatszámításnak a nagy munkaidőszükséglet, továbbá, hogy igen sok biztosnak látszó kapcsolat kiszámítása kedvezőtlenül végződik, mint az előadás első felében található esetek bőségesen mutatják. Nem is tudom megbecsülni, milyen nagy munkamennyiség fekszik a bemutatott dolgozatban felhalmozott sok kapcsolati tényező kiszámolásában.

Nyilvánvaló, hogy kapcsolatszámítást csak ott fogunk végezni, ahol a jelenségek okozati szempontból olyan szövevényesek, hogy más, kevésbbé tövises utat nem lehet választani. Ilyen esetekben azonban a kapcsolatszámítás következetes és nem csüggedő végigvezetése kitűnő szolgálatokat tehet, és se a talajvízingadozások okainak kutatásában, se a talajklimatológia egyéb ágaiban ez a kutatóeszköz nem nélkülözhető.

A dolgozat első felében található feltűnően gyenge kapcsolati tényezők jelentkezésének egyik oka az lehet, hogy a számításhoz nem lehetett kellően hosszú észlelési sorozatokat alapul venni. A meteorológiai változók szórása oly rendkívül nagy, hogy 10—15 évi adatok még nem szoktak jó kapcsolati tényezőket szolgáltatni. Mivel azonban ennél hosszabb észlelési sorok nem voltak igénybevehetők, az előadásnak végig kellett vezetnie a kapcsolatszámítás bonyolult metodikáját és így jutott el a későbbi kapcsolati tényezőkhöz, amelyek a talajvízingadozások meteorológiai okainak egy kielégítő képét fedik fel előttünk.

Miután a bemutatott munka alapján fontos műszaki alkalmazások indulnak meg, legyen szabad a metodikának egy pontján bizonyos finomítást javasolnom. Jelenleg, amint hallottuk, egyes talajvízkutaknál nem voltak megkaphatók az éghajlati adatok és még a csapadékmegfigyeléseket is néhány kilométer távolságban levő állomások szolgáltatták. Ez a téli félévben egyáltalán nem baj, mivel télen nagy többségben vannak a felsikló esők és felsikló havazások, amelyek igen nagy felszínek felett egyenletesen hullanak le.

Más azonban a helyzet a meleg félévben, midőn felsikló esők es instabilitásos esők vegyesen szolgáltatják a csapadékot. A felsikló esők most is nagy felszínek felett egyenletesen hullanak, de az instabilitásos esők nagyon szeszélyes helyi eloszlásban lépnek fel, még fél kilométeren belül is többszáz százalékos különbség mutatkozhat a csapadék mennyiségében és ennek a nagyon szeszélyes eloszlásnak a következményei még hosszú időszakok átlagában sem egyenlítődnek ki.

Többek között ez is oka lehet annak, hogy egyes jól megválasztott mennyiségek közt végzett kapcsolatszámítás meglepően semmitmondó, vagy éppen hibás előjelű kapcsolati tényezőket szolgáltatott. A jövőben tehát megszívlelendőnek látom, hogy csak az olyan kapcsolati tényezők igényelhetnek teljes hitelt, amelyek tényleg ugyanazon a helyen folyó talajvízszintészleléseket és csapadékészleléseket vetnek össze egymással.

Ilyen biztosabb adatokból kiindulva, még jobb szolgálatot fognak tenni azok a talajvízállási előrejelzések, amelyek Bogárdi János vizsgálatai nyomán lehetségessé váltak.

LAMPL HUGÓ

Bogárdi rendkívül mélyreható, tudományos előadását figyelemmel meghallgatva, felteszem a kérdést, hogy a hosszadalmas számítások elvégzése előtt nem volna-e célszerű a helyes kapcsolatok felderítésére a grafikus eljárást felhasználni. Ez a módszer ugyanis, más természetű összefüggések keresésénél, tapasztalataim szerint, mindig célhoz vezetett.

Jelen esetben úgy vélem, hogy ha a talajvízállások grafikonjára az idő függvényében felraknánk a csapadék-mennyiségeket, a hóvastagságokat, a hőmérséklet változásait, az olvadási időszakot, a szélerősségeket stb., akkor ebből az összefoglaló grafikonból könnyen meg lehetne állapítani azokat az egymással összefüggő tényezőket illetve helyes kapcsolatokat, amelyekre a számításokat elvégezni már nem lesz hiábavaló. Az ilyen összetett grafikon valószínűleg az olyan negatív irányban mutatkozó, látszólag ellentétes eredmény okára is megadja a választ, amelyre az előadó rámutatott.

CZIRÁKY JÓZSEF

A többszörös korrelációszámítást tudtommal jelen alkalommal hallottuk először alkalmazni hidrológiai vonalon és ezzel kapcsolatban az a kérdésem, hogy vajjon ugyanannyi értékcsoporttal számolták-e a kapcsolatokat mindenütt. Ugyanis ha az adatsorban hiányok vannak és azokat kiegészítjük, vagy elhagyjuk, már differencia adódhatik.

Az is érdekelne, hogy lineáris kapcsolatoknál a korrelációs tényező számításánál az előadó megállapította-e az irodalomból ismert $\sigma_r = \frac{1-r^2}{\sqrt{N-1}}$ véletlen középhibát és tulajdonít e különösebb jelentőséget a hibaszámításnak ennél az esetnél?

Felvetődik az a kérdés is, hogy vajjon a légnyomás nincs-e hatással a kutakra. A forrásokra vonatkozólag kimutattam a légnyomás hatását és érdekelne, hogy ez kutaknál hogyan érvényesül.

A hidrológiai adottságokat fokozott mértékben kell figyelembevenni és a helyi viszonyok alapján keresni az ok és okozat közötti kapcsolatot, mert nem lesz mindig egyforma az eredmény, az eltérő geológiai viszonyok hatást gyakorolnak a csapadékból beszivárgó vizekre is.

JUHÁSZ JÓZSEF

Az előadáshoz a következőket szeretném hozzáfűzni.

A csapadék kérdésével kapcsolatban megjegyzem, hogy a talajvízállás változása és a súlyozott havi csapdékösszegek között, több kútra és évre elvégezve a vizsgálatokat, meglehetősen jó lineáris kapcsolatot lehetett találni. A kapcsolatot minden hónapra egy-egy egyenes jellemezte, ami tulajdonképpen a havi középhőmérsékletek hatását mutatja. Ebben a vizsgálatban Bogárdi által is kimutatott február havi ellentétes előjelű kapcsolat nyilvánvalóan a fagyos napok hatását mutatja.

A vízáteresztő rétegek vastagságától és áteresztőképességétől függően hatalmas mennyiségű talajvíz áramlik a mély területek felé, ahol talajvíztükör-emelkedést idéz elő. Ez a talajvíztükör-emelkedés módosítja a csapadék és hőmérséklet hatását a talajvíztükör változására, ami oka lehet a vizsgálatoknál jelentkező laza kapcsolatoknak.

Az előadó vizsgálatainál a talajvízállás-változás tényleges nagyságával számolt, vagyis nem vette figyelembe a hézagtérfogat jelentős módosító hatását, amit adatok hiányában nem is tehetett meg. Az alföldi talajrétegek hézagtérfogatai között jelentős különbségek vannak. Véleményem szerint ez is oka lehet egyes laza kapcsolatoknak.

Mivel köztudomású, hogy a talajvízszint még számos egyéb tényező is befolyásolja, véleményem szerint általános összefüggést találni a talajvízállás évi menetére, vagy akár csak bizonyos talajvizállásokra is, rendkívül nehéz lenne. Ezért célszerűnek látnám, a vizsgálatokat olyan területeknél elvégezni, amelyeknél bizonyos tényezők uralkodó hatásáról kétséget kizáró módon meg tudunk győződni. Ezáltal a gyakorlat számára olyan összefüggések meghatározását remélhetjük, amelyek kevés változóval is megfelelő pontosságú értékeket adnak.

BOGÁRDI JÁNOS válasza

Az elhangzott értékes és hasznos hozzászólásokért köszönetemet nyilvánítom. Igen sokoldalúak voltak a hozzászólások és ezért legcélszerűbbnek tartom azokra egyenként válaszolni.

Németh Endre professzor hozzászólására válaszolva megjegyzem, hogy bár az oksági kapcsolat fennáll, mégis kénytelenek vagyunk valószínűségi kapcsolatokkal dolgozni, mert nem ismerjük a jelenségnél szerepet játszó összes változót. Ha erre részletesebben rátérünk, akkor tulajdonképpen a kérdésnek egy olyan lényeges oldalát is megvilágíthatom, ami az előadás hiányossága volt és amire a rövid idő miatt nem tértem ki. Van egy eljárás, amely a bevonandó változók alapján a kapcsolatok megbízhatóságának összehasonlítására vonatkozik: ez a *Frisch-féle* sugárkévés eljárás. Ha két változónál a középértékektől való eltérések alapján felírjuk a kapcsolatot — tegyük fel lineáris kapcsolatot — akkor a két változó közötti kapcsolatot két egyenes ábrázolja, amelyek egymással bizonyos szöget zárnak be. A szög nagyságától függően változik a két változó közötti kapcsolat szorossága. Aszerint, hogy a szög jobban, vagy kevésbbé záródik, szorosabb, illetve lazább lesz a kapcsolat. Ha a kapcsolat a lehető legszorosabb, vagyis függvénykapcsolatról van szó, két egyenes helyett egy egyenes fejezi ki a kapcsolatot. Frisch felteszi, hogy ha a két változó értékéből minden a kapcsolatot zavaró részt ki tudnánk küszöbölni, vagy minden mellékkörül-

ményt figyelembe vennénk, a két változó függvénykapcsolatban lenne, vagyis *valódi kapcsolatukat egy egyenes* ábrázolná. A két egyenes hajlásszögét, mint tudjuk, úgy nyertük, hogy először az egyik, azután a másik változó irányába eső eltérések négyzetösszegét tettük minimummá. Mindkét hajlásszög kiszámításánál így hibát követünk el, mert a kiegyenlítésnél az eltéréseket mindig csak az egyik változónak tulajdonítottuk. A két egyenes tehát a valódi kapcsolatot ábrázoló egyenes határeseteit határozza meg, vagyis a valódi kapcsolatot ábrázoló egyenes mindig a két egyenes közé esik. Ha a változók száma n kettőnél lényegesen nagyobb, a kérdés természetesen sokkal összetettebb. Itt az n számú kapcsolatot kifejező egyenlőség összesen n számú *n-dimenziós* síkot határoz meg, melyeket úgy nyerünk, hogy a jobboldalon levő $(n\text{-}1)$ változót ismertnek tekintve rendre valamilyen n- dimenziós síktól, az n változónak megfelelően x_1, x_2, x_3, ... x_n irányban való eltérések négyzetösszegét minimummá tesszük. Itt is természetesen azáltal, hogy az eltéréseket csak a baloldali függő változónak tulajdonítottuk, hibát követtünk el. A két változó esetéhez hasonlóan, ha az n változó értékéből minden a kapcsolatot zavaró részt ki tudnánk küszöbölni, vagy minden mellékkörülményt figyelembe vennénk, az n változó függvénykapcsolatban lenne, vagyis valódi kapcsolatukat *egy n- dimenziós sík* ábrázolná. Ha tetszésszerinti két változó által meghatározott síknak mind az n kapcsolatot kifejező síkkal való metszésvonalait képezzük, összesen n metszésvonalat kapunk, melyeket a két változót ábrázoló koordináta tengelyek által képzett síkon ábrázolva n sugárból álló sugárkévét nyerünk. Mivel pedig n változó esetén $\binom{n}{2}$ síknak képezhetjük mind az n kapcsolatot kifejező síkkal való metszésvonalait, összesen $\binom{n}{2}$ ilyen sugárkéve lehetséges. A hasznos, felesleges és káros változók kiválasztása a sugárkévék záródása, illetőleg szétnyílása alapján történik. Ha például adott X_1 és X_2 változó kapcsolatát vizsgáljuk, újabb, lényeges változók figyelembevétele esetén azt várhatjuk, hogy a meghatározott egyenesek sugárkévéje a többirányú minimalizálás révén mindig zártabb és zártabb lesz. Ha viszont az újabb változó nem játszik lényeges szerepet a kapcsolatnál, az egyenesek sugárkévéje hirtelen szétnyílik.

Lényegileg ez képezi a Frisch-féle eljárás alapját. Hogy ezt az eljárást mégsem alkalmazzuk, annak az az oka, hogy nem tudunk minden tényezőt ilyen módon figyelembe venni. Számos lehetőség van arra, hogy különböző tényezők figyelembevételével, növeljük a pontosságot, de ha ezeket mind bevezetnénk, borzasztó nagy munkát jelentene a műszaki gyakorlatban. Ezzel talán sok javaslatra is válaszoltam, amelyek ezzel kapcsolatban elhangzottak ; a legfontosabb tényezőket kell kiválasztanunk és azok alapján dolgozni, mert a számításokat különben lehetetlenség elvégezni. Az is lényeges körülmény, hogy a gyakorlatban nem szükséges tökéletes pontosságot elérni. 10—20 cm-es eltérés esetén is, pl. meg tudjuk jósolni a gyakorlatban a maximumot és az eredmények nagyon jók lesznek. *Serf Egyed* hozzászólásában említett mélyépítési feladatoknál és műtárgyak építésénél is megfelelő pontosságú az ismertetett eljárás.

A sokévi átlagok alapján a talajvízállás és hőmérséklet kapcsolatát az elhangzott javaslatnak megfelelően, ferde tengelyű ellipszis segítségével is meg fogjuk határozni. A bemutatott számpéldánál is tökéletesebb lett volna az eredmény ferde tengelyű ellipszis figyelembevétele esetén. De ennél a kútnál közelítőleg centrális ellipszissel is lehetett számítani.

Igaz, hogy a lég-hőmérsékletnél még fontosabb lenne a talajvíz- és talajhőmérséklet figyelembevétele. A mostani számításoknál azonban csak azt lehetett felhasználni, ami rendelkezésre állt és csak léghőmérsékletre vonatkozó adataink voltak. A nagyságrend szerinti kapcsolatok vizsgálatát, ami az előrejelzés során igen gyors eljárás, Németh profeszor igérete szerint, együtt fogjuk majd elvégezni.

Szilágyi Gyula professzor megállapításai megfelelnek az elgondolásoknak, amit előadásomban is kifejtettem. A hőmérsékleteknek a talajvízállásokkal való szorosabb kapcsolatát, figyelembevéve a csapadékokat, általánosságban nem említettem. A felsorolt példáknál azonban kiderült, hogy magasabb korrelációs tényezők adódtak a hőmérsékletekkel, mint a csapadékokkal. Ezt azonban általános érvénnyel nem merem állítani: előbb tüzetesebben meg kell vizsgálni a kérdést.

Szilágyi professzor javaslatának megfelelően a közreadott szöveget már több összehasonlító számítással és megállapítással is kiegészítettem. Így pl. a többszörös korreláció számítására vonatkozó számpéldákat a változók összes lehetséges varriációjának megadásával is kibővítettem.

Szilágyi professzor megemlítette, hogy a valószínűségszámítás eddigi hazai alkalmazása minden esetben sikerre vezetett. Vele együtt remélem, hogy mostani vizsgálataink és ezeknek folytatása is sikeres lesz.

Mosonyi Emil professzor hozzászólására részben válaszoltam azzal, amit az előzőkben a függvénykapcsolatokról mondottam.

Természetesen egyetértek Mosonyinak azzal a megállapításával, hogy a lehulló csapadék és a talajbajutó csapadék között nagy különbség van. A két csapadékmennyiség közti különbséget szabatosan a lefolyási tényezővel és a párolgással lehetne figyelembe venni.

A lefolyási tényezőknek és a párolgásnak a hőmérsékletek útján való figyelembevétele csak feltevés, közelítő valami volt, amit a jövőben pontosabban is figyelembe veszünk. Ennél a vizsgálatnál azért nem vettem figyelembe, mert világosan látható volt, hogy a hőmérséklettel könnyebben dolgozhatunk. A hidrogeologiai tényezők figyelembevétele kétségtelenül reményt ad arra, hogy segítségével ki tudjuk küszöbölni az ellentmondásokat, amelyek azokból a nem várt eltérésekből adódnak, hogy egyik helyen jó, másik helyen szoros vagy kevésbbé szoros kapcsolat az eredmény. Javaslatát figyelembe fogjuk venni. A talajvízállások változásának gyorsulása helyett én csak sebességről beszéltem és rámutattam arra, hogy a sebességet is figyelembe lehetne venni. Azonban lehetséges a gyorsulást is figyelembe venni. — A mesterséges beavatkozások kétségtelenül az egyik legfontosabb kérdésnek számítanak, különösen az öntözésnél. Az öntözésnek a talajvízre gyakorolt hatásáról vannak adataink, de ezeket még nem lehet közvetlenül felhasználni. Éppen ez a jövő egyik feladata, hogy használható adatokat gyüjtsünk. — A negatív hőmérsékletre vonatkozó tapasztalatok jelentik a legfájóbb pontot. Itt olyan ellentmondások vannak, amelyeket ki kell küszöbölni. Jelenleg nyomdában van egy tanulmányom, amiben erre is kitértem. Ezt a problémát alaposan meg kell vizsgálni, mert az is lehetséges, hogy a negatív hőmérséklet kizáró okként jelentkezik, de lehet, hogy csak bizonyos határok közötti érvényességet jelöl. — A szimptomatikus kapcsolatok kérdésére nem lehetett bővebben kitérni, de ez is kivizsgálásra vár. Kétségtelen, hogy sok használható szimptomatikus kapcsolat létezik. Ezt láthatjuk pl. egymástól távol fekvő kutaknál, amelyek egymásra természetesen hatással nem lehetnek, s egyenlő észleléseiket csak harmadik tényező, az idő-

járás, amely az egész területre érvényes, okozhat bennük. A műszaki gyakorlatban is irodalomban is kitérnek erre a kérdésre.

Serf Egyed és *Aujeszky László* professzor hozzászólásával kapcsolatban természetesen elismerem, hogy még a kezdet kezdetén vagyunk. De nem is lehetünk olyan előrehaladott fokán a vizsgálatoknak, mint pl. a meteorológusok akik évtizedek óta használják a korrelációszámítást. Ők messze előttünk járnak, mi még csak most kezdtünk vele foglalkozni és igyekszünk a hiányokat pótolni. A mi vizsgálataink azonban másirányúak: kénytelenek vagyunk a műszaki gyakorlat követelményeihez ragaszkodni és pusztán elméleti kérdések vizsgálatára nincs módunk. Siettet minket az égető gyakorlati problémák megvalósítása és a szovjet példa, ahol a hidrológiában hónapokkal előre adnak már előrejelzéseket. Ez nálunk még nem lehetséges, egyelőre csak a talajvízállásokra korlátozódott részletesebb tevékenységünk. Tanulmányomban azonban más természetű kérdések is felvetődnek: utalok pl. a vízállás-előrejelzésekre, amelyek az árvíz előrejelzésénél fontosak. Az eddigi eredmény az, hogy most akár 5—6 változóval is számolhatunk az eddigi 3 helyett, amennyit a minőségi elemzés különböző grafikus eljárásai lehetővé tettek. A változók számának kellő felemelésével sok olyan feladatot tudunk majd megoldani, amelyeket Serf Egyed javasolt.

Aujeszky László professzor világos okfejtéssel elemezte a talajklimatológia működési terét és alkalmazott módszereit. Közlései igen szerencsésen egészítették ki előadásomat és a talajvíztükör változásának bonyolult jelenségét sok új szempontból megvilágították. Úgy vélem elkövetkezendő vizsgálatainknál különösen az általa említett kondenzációs időfolyamatokra kell majd nagyobb figyelmet fordítanunk.

Aujeszky professzor által említett más állomások behelyettesítése tényleg olyan körülmény, amely nagy szerepet játszik és remélem, hogy bizonyos zavaró hatásokat ki fog küszöbölni és segítségével biztosabb alapon fogunk állni. Az azonos állomások betartásánál az a helyzet, hogy a Vízrajzi Intézet azon dolgozik, hogy az egész Alföld talajvízállás-előrejelzésére országos halózatot létesítsen. Így itt nem lehet egyes helyeket kihagyni, ahol már régóta gyüjtött adatok rendelkezésre állnak, mert a lehetőségek nem túl nagyok. A talajvízállások mérésének zöme 1936-ban indult csak meg és a közbejött háború okozta kimaradások miatt nehéz összeszedni olyan kutakat, amelyeknek észlelési adatai hosszú időről rendelkezésre állnak. Tapasztalataim szerint 4—5 változós korrelációszámításnál kb. 15 észlelési adatcsoport a minimum, amivel kapcsolatot lehet kifejezni. 10 értékcsoporttal már igen nagy eltérések adódtak. Részkorrelációt számítani és azokat összehasonlítani nem lehet, mert nem állnak százával az értékcsoportok rendelkezésre. Egyébként teljesen egyetértek Aujeszky kartárssal abban, hogy meleg félévben más állomások behelyettesítése igen nagy eltéréseket eredményezhet.

Lampl Hugó felszólalásával egyetértek. A grafikus eljárás a mérnök szempontjából kedvelt, mivel a legritkább esetben vezet hamis eredményre. Az ábrából ugyanis mindent látunk és mindent leolvashatunk. A grafikus eljárás előnyeit vizsgálataim során alkalmazott minőségi elemzések során magam is kihasználtam, de fontosságát talán jobban ki kellett volna emelni előadásomban.

Cziráky József kérdésére megemlítem, hogy a kapcsolatokat általában különböző N számú értékpár, illetőleg értékcsoport alapján voltunk kénytelenek számítani. Különösen az átlagos értékek kapcsolatánál N értékét a rendelkezésre álló észlelési anyag szabta ugyanis meg. Ez pedig, mint már említettem,

csak korlátozott időszakra vonatkozik. Az ebből származó hiba természetesen a teljes feltételes szórás, illetőleg a korrelációs tényező számításánál már figyelembe van véve, hiszen mindkettő képletében szerepel N értéke.

Kétváltozós korrelációnál a korrelációs tényező véletlen és szisztematikus hibáját nagyon sok kapcsolatra vonatkozóan kiszámítottuk, bár mostani vizsgálatainknál a hibák meghatározásának nincsen különösebb jelentősége. A hibaszámításokra vonatkozó elmélet még nem tekinthető teljesen kiforrottnak. Ezt a körülményt saját tapasztalataink is mutatják.

A légnyomás szerepét illetően egyetértek a hozzászólással. Lehetséges, hogy a légnyomás figyelembevételével is javíthatjuk kapcsolatainkat.

Juhász József hozzászólását örömmel veszem és szeretném majd vele megbeszélni azt a megállapítását, hogy néhány kút talajvízállásai jó kapcsolatot mutattak a súlyozott csapadékösszegekkel.

Felszólalásával kapcsolatban megemlítem, hogy a párolgásra csak az idő rövidsége miatt nem tértem ki részletesebben, de a párolgás nyilván olyan tényező, amit figyelembe kell venni. Hogy milyen mértékben lép be az összefüggésbe, azt előre nem lehet megmondani, mert a léghőmérséklettel a párolgás a legszorosabb kapcsolatban áll.

A talajvíz áramlásából származó hőmérséklet és csapadék-hatások megváltozását, csak úgy mint a hézagtérfogat módosító hatását igen nehéz lesz majd figyelembe venni. Mindenesetre lehet talán javítást, finomítást ezzel is elérni.

Általános összefüggést, szabványt adni valóban igen nehéz. Érdekes azonban, hogy adott esetben, pl. a tavaszi maximum előrejelzésénél, már 15—20 talajvízkútnál egészen szép megegyező eredményünk van. Kérdés, hogy ilyen esetekben érdemes-e más módszert kidolgozni azért, hogy kis javításokat érjünk el? — Az egyes esetek vizsgálata, amire Mosonyi is rámutatott hozzászólásában, már külön fejezet lenne és az általános viszonyokra vonatkozó vizsgálatokról tartott előadásom kereteit túllépi. Természetesen egyetértek azzal, hogy a jövőben folytatandó vizsgálatokat ilyen irányú kutatásokkal is ki kell egészíteni.

ELJÁRÁS HIDRAULIKAI FELÜLETI ÉRDESSÉG MEGHATÁROZÁSÁRA

MOSONYI EMIL lev. tag

E tanulmányban fizikai alapon levezetett egyszerű összefüggést adok annak megállapítására, hogy zsiliptábla alól kifutó rohanó vízmozgás *mekkora távolságban megy át a vízugrás állapotába* sík és vízszintes utófenék esetében, s ebből kiindulva *új eljárást javasolok a felületi érdesség meghatározásához.* (A vízugrás kezdetének távolságát a zsiliptől, illetőleg pontosabban a zsilip után legjobban összeszűkített keresztmetszettől számítjuk és röviden *vízugrástávolságnak* nevezhetjük.)

Vizsgálataim, kísérleteim és az ezek alapján összeállított tanulmányom három részre tagozódik:

1. Könnyen kezelhető *képlet* felállítása a vízugrástávolság meghatározására.

2. A javasolt képlet használhatóságának *igazolása*, más elméleti eljárással és laboratóriumi kísérletek eredményeivel egybevetve.

3. Azoknak a megállapításoknak összefoglalása, amelyek szerint a sík utófenéken laboratóriumban megmért vízugrástávolság alapul szolgálhat a *felületi érdesség meghatározására:*

a) kisminta-kísérletekhez és

b) műtárgyak tervezéséhez egyaránt.

A végzett kísérletek és a kapcsolatos megfontolások egyfelől tehát *az elméleti kutatások és a kismintakísérletezés továbbfejlesztéséhez* járulhatnak hozzá, másfelől pedig a sík utófenék szükséges hosszának megállapításával a *vízépítési műtárgyak tervezéséhez adnak gyakorlati útmutatást.*

A vízugrás jelenségével, ill. a vízugrás energetikai kérdéseivel nem foglalkozom ebben a tanulmányban, hanem felhasználom a szakirodalomból ismert és használatos összefüggéseket, továbbá saját korábbi vizsgálataimat, amelyeket 1948-ban ismertettem a Budapesti Műszaki Egyetem Mérnöktovábbképző Intézetének tanfolyamán. Kiegészítésképpen meg kell jegyeznem, hogy a tárgyalandó anyagnak ilyen módon való megválasztását az a körülmény is indokolja, hogy amig maga a vízugrás jelensége általánosan igen alapos és kiterjedt kutatás tárgya volt, addig a vízugrástávolság kérdésének vizsgálata jóval hiányosabb.

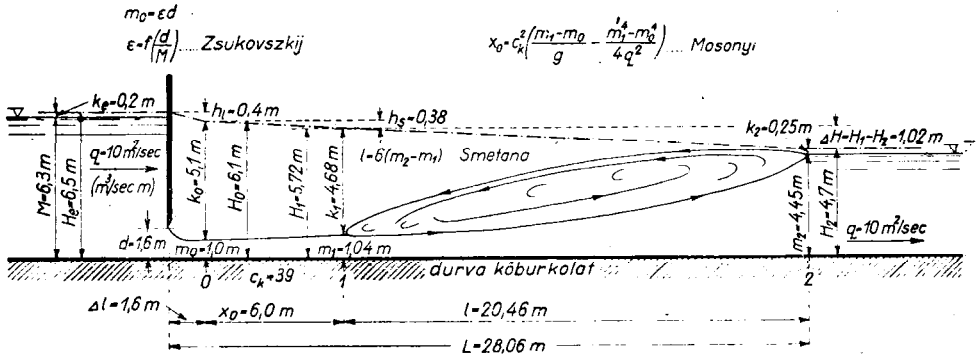
1. A vízugrástávolság képlete

Ha gátról lesurranó, vagy zsiliptábla alól nyomás alatt kifutó vízsugár rohanó mozgást végez, akkor a gát lábától, ill. a zsiliptáblától hosszabb-rövidebb távolságban bekövetkezik az áramló vízmozgásba való átmenet a vízugrás

néven ismeretes jelenség alakjában. Meghatározott értéken felüli alvízmagasság esetében a fedőhengeres vízugrás egészen a gát lábához, ill. a zsiliptáblához szorul hátra : visszaduzzasztott vízugrás keletkezik. Az alvízmélység csökkenésével pedig távolodik a zsiliptől, változatlan vízhozamot feltételezve.

A továbbiakban minden esetben zsiliptábla alóli kifolyást veszünk szemügyre — a kísérletek is így folytak —, s a meder, ill. a derékszögű négyszög keresztmetszettel felvett utófenékcsatorna Q vízszállítása helyett mindig a $q = Q/B$ (m²/sec) fajlagos vízhozammal számolunk. Megjegyzem, hogy a gátról lebukó vízsugár esetében is használhatók az eredmények, csak ezt a jelenséget a kialakítás mellékkörülményei lényegesen jobban befolyásolják, s ezért mindenképpen az *élesszélű oldalkontrakció és küszöbnélküli zsilip* esetét megokolt alapkísérleti elrendezésnek választani.

Az 1. *ábrán* vázolt általános esetben, q állandó (fajlagos) vízhozamot



1. ábra. Vízugrás kialakulása sík utófenéken

feltételezve, az m_2 áramló alvízmélység egyértelműen meghatározza az *impulzustétel* figyelembevételével a vízugrást közvetlenül megelőző m_1 rohanó vízmélységet :

$$m_1 = -\frac{m_2}{2} + \sqrt{\left(\frac{m_2}{2}\right)^2 + 4\, m_2\, k_2}\,.$$

Hasonlóképpen a vízugrás utáni H_2 energiatartalom egyértelműen megszabja a vízugrás kezdeténél levő H_1 energiatartalmat, s ily módon a H_2-ből, ill. m_2-ből *a vízugrás energiaveszteségé* ugyancsak egyértelműen következik :

$$\Delta H = \frac{(m_2 - m_1)^3}{4\, m_1\, m_2}\,.$$

A zsiliptábla alól kirohanó víz eredeti energiatartalma H_e, amelyből a zsilip éle közelében érvényesülő súrlódások, de főképpen a kontrakció hatására

h_l elvész, s így az m_0 legkisebb vízmélységgel kiinduló rohanó vízsugár kezdeti energiatartalma : $H_0 = H_e - h_l$.

Minthogy a vízugrás csak akkor állhat elő, ha a vízsugár éppen az m_2 által egyértelműen meghatározott

$$H_1 = H_2 + \Delta H$$

energiatartalommal rendelkezik, a rohanó vízsugár mindaddig *szabadon kifut*, amíg energiatartalma H_0-ról H_1-re le nem csökken.

A rohanó vízsugár energiatartalmának $h_s = H_0 - H_1$ különbségét a *mederfenék* (utófenék) *felületi érdessége* emészti fel.

Akár az állandó energiatartalomhoz tartozó

$$m = f(q),$$

az ú. n. *Koch*-féle görbék összehasonlításából, akár az állandó vízhozamhoz rendelt

$$H = f(m),$$

az ú. n. *Braun*-féle diagramm közvetlen szemléletéből nyilvánvaló, hogy az energiatartalom csökkenésével a rohanó vízsugár magassága növekszik.

Feltételezem a továbbiakban, hogy a rohanó vízmozgás súrlódási vesztesége is kifejezhető a *Chezy*-féle képlettel. (Ezt számos kísérlet igazolja mindaddig, amíg a rohanó víznyalábnak levegővel való keveredése nem ér el olyan mértéket, ami figyelemreméltó térfogatsúly-csökkenéssel jár).

Ha *az utófenék szükséges teljes hosszát* keressük — természetesen q = konst. esetben — akkor az az 1. *ábra* szerint három szakaszra bontható :

1. $\triangle l$, azaz az m_0 szűkített (kontrahált) szelvény távolsága a zsiliptábla belső élétől ;

2. x_0, a súrlódással fékezett rohanó — szabadon kifutó — vízsugár hossza, azaz a vízugrástávolság ;

3. l a vízugrás hossza.

A $\triangle l$ értéke közelítőleg d-nek vehető.

A vízugrás hosszára *J. Smetana* prágai professzor ad számos kísérletsorozat útján kapott jó közelítő empírikus képletet :

$$l = 6\,(m_2 - m_1)\ .$$

Mi a továbbiakban az x_0 vízugrástávolság meghatározásával foglalkozunk behatóbban. A vízszintes fenék fölött kialakuló rohanó vízmozgás felszíngörbéjének egyszerű elméleti megállapítását tűzzük ki első feladatul. Kiindulva

abból, hogy q állandó, az energiatartalom a mélység függvényében közvetlenül felírható :

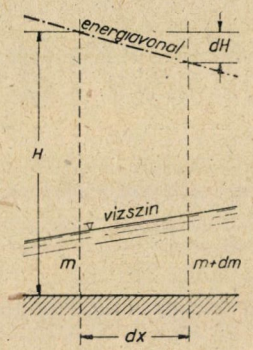
$$H = m + \frac{v^2}{2g} = m + \frac{q^2}{2g\,m^2},$$

ahonnan a 2. *ábra* jelölése szerint két szomszédos, egymástól dx távolságra eső szelvény között előálló elemi energiacsökkenést a

$$dH = \left(1 - \frac{q^2}{g\,m^3}\right) dm \tag{1}$$

összefüggés fejezi ki.

Írjuk fel a dx szakaszon a súrlódásból eredő veszteség kifejezését. A *Chézy* képlet levezetésének energetikai fogalmazása lehetővé teszi, hogy a



2. *ábra*

$$v = c\sqrt{R\,\frac{dH}{dx}}$$

értelmezését kiterjesszük a vízszin változásától függetlenül az energiavonal esésére, s így a dx szakaszon előálló energiacsökkenésre a

$$dH = \frac{v_k^2}{c_k^2 R_k}\,dx$$

kifejezés írható, ami a $v_k = q/m_k$ helyettesítéssel, az $R_k = m_k$ megengedhető közelítéssel, — figyelembevéve még azt is, hogy csökkenő H esetében a dH negatív értéknek adódik, — a

$$dH = -\frac{q^2}{c_k^2\,m_k^3}\,dx$$

alakot ölti.

Ha az $m_k^3 = \left(m + \frac{dm}{2}\right)^3$ kifejezéshez az m-hez képest a $\frac{dm}{2}$-t elhanyagoljuk és a c_k sebességi tényezőt valamely rövidebb, de véges x szakaszra is a középértékével helyettesítjük, akkor a

$$dH = -\frac{q^2}{c_k^2 m^3}\, dx \qquad (1^*)$$

egyenletet egybevetve az (1) egyenlettel, a feladat megoldását tartalmazó

$$\left(1 - \frac{q^2}{g\, m^3}\right) dm = -\frac{q^2}{c_k^2 m^3}\, dx$$

differenciálegyenletet kapjuk, amelynek

$$\boxed{dx = c_k^2 \left(\frac{1}{g} - \frac{m^3}{q^2}\right) dm} \qquad (2)$$

rendezett alakja az alábbi megoldást adja:

$$x = c_k^2 \left(\frac{m}{g} - \frac{m^4}{4\, q^2}\right) + C\,.$$

Az $x = 0$ helyen $m = m_0$, tehát a C integrálási állandó kiküszöbölésével

$$x = c_k^2 \left(\frac{m - m_0}{g} - \frac{m^4 - m_0^4}{4\, q^2}\right). \qquad (3)$$

Végül felírható két tetszőleges, de közeleső α és β jelű szelvény között:

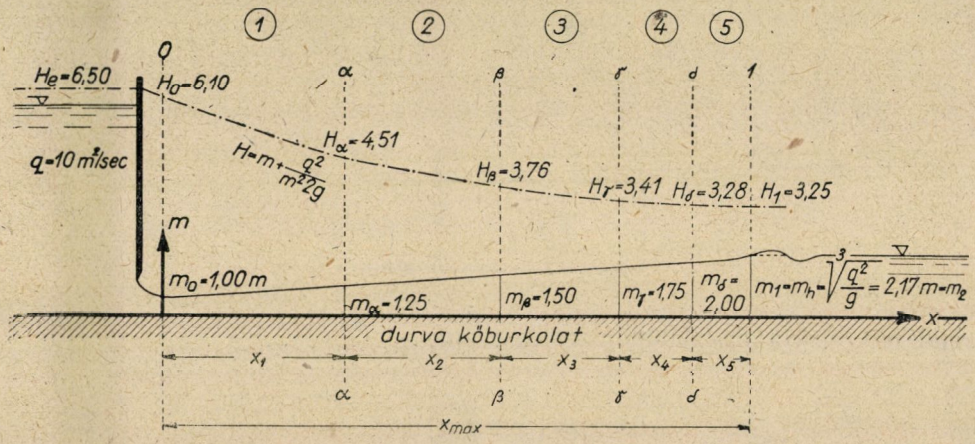
$$\boxed{x_\beta - x_\alpha = c_k^2 \left(\frac{m_\beta - m_\alpha}{g} - \frac{m_\beta^4 - m_\alpha^4}{4\, q^2}\right).} \qquad (4)$$

Tekintettel arra, hogy a c sebességi tényező is változik az m változásával, első szemléletre nyilvánvaló, hogy szakaszos számítást kell végezni, a teljes x_0 távolságot olyan rövid szakaszokra bontva, amelyekre a c_k középérték felvétele megengedhető. A (4) jelű függvény természetéből következik, hogy a számítást megfordítva célszerű elvégezni, azaz m_1 és m_0 között felvett magasságkülönbségekhez meghatározni az x értékeket.

Ha az egyéb tényezők változatlansága mellett az alvízmélységet egészen a rohanás határállapotáig, azaz az

$$m_h = \sqrt[3]{\frac{q^2}{g}}$$

értékig csökkentjük, akkor a rohanó vízsugár teljes felszíngörbéje kialakul az m_0 és m_h magasságok között. A 3. *ábra* grafikusan és táblázatosan szemléltet a (4) képlettel szakaszosan számított teljes felszíngörbét egy felvett példára.



3. ábra. Rohanó vízmozgás felszíngörbéje sík utófenéken (Agroszkin és Mosonyi eljárása)

A példában az utófenéken durva kőburkolatot tételeztünk fel, s a sebesség tényezőt *Agroszkin* szovjet professzor

$$c = 17{,}72\ (K + \log R)$$

képletével számítottuk, ami az $R \cong m$ közelítéssel és a $K = 2{,}24$ érdességi tényező felvételével

$$c = 17{,}72\ (2{,}24 + \log m)$$

alakba írható.

Érdemes még összehasonlítást tenni atekintetben, hogy a szakaszos számítás eredményétől mekkora eltérést kapunk, ha a teljes x_0 hosszúságot egy részletben, az m_0 és az m_h értékekből közvetlenül számítjuk a (3) képlet alkalmazásával. A 3. *ábra* I. táblázata feltünteti az összehasonlító számítás eredményeit a teljes felszíngörbére, azaz az $m_1 - m_h$ esetre. A vizsgálatból kitűnik, hogy *az eltérés csupán* — 2,2%, *ami feljogosít arra, hogy a számítást, a szakaszokra való osztás mellőzésével, közvetlenül a határoló vízmélységekből végezzük el.*

Ha az alvízmélység nagyobb m_k-nál, azaz az alvízi szakaszon valamely m_2 mélységű áramló vízmozgás van, akkor nyilvánvalóan nem fejlődhetik ki

3. ábra táblázatai

I. $c = 17{,}72/K + \log m$ Durva kőburkolat: $K = 2{,}24$

		Szakaszonként számítva						Közvetlenül számítva $m_0 — m_1$	Eltérés	
		x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_{max}	x_{max}	$\Delta x_{max} = x_0 - x_0^*$	
		méterben								%
Agroszkin képletével		35,65	33,80	27,40	17,30	4,32	118,47	107,50	10,97	9,3
Mosonyi képletével		36,05	33,40	27,70	17,66	4,52	119,33	121,95	—2,62	—2,2
Eltérés	m	+0,40	—0,40	+0,30	+0,36	+0,20	+0,86	14,45		
	%	+1,10	—1,20	+1,10	+2,20	+4,60	+0,70	13,05		

II. $c = \frac{1}{n} m^{1/6}$ Durva kőburkolat: $n = 0{,}025$

		Szakaszonként számítva						Közvetlenül számítva $m_0 — m_1$	Eltérés	
		x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_{max}	x_{max}	$\Delta x_{max} = x_0 - x_0^*$	
		méterben								%
Agroszkin képletével		35,40	33,10	26,15	18,30	3,98	116,93	106,80	10,13	9,5
Mosonyi képletével		35,98	33,15	27,32	17,36	4,45	118,26	120,90	—2,64	—2,2
Eltérés	m	+0,58	+0,05	+1,17	—0,94	+0,47	+1,33	14,10		
	%	+1,7	+0,2	+4,5	—5,1	+1,1	+1,1	13,3		

a teljes rohanó felszíngörbe, hanem — amint már fentebb rámutattunk — az m_2-höz egyértelműen hozzátartozó vízoszlopmagasság elérésekor a vízmozgás vízugrásba megy át.

A vízugrástávolság képlete tehát a (3) alapján :

$$x_0 = c_k^2 \left(\frac{m_1 - m_0}{g} - \frac{m_1^4 - m_0^4}{4\,q^2} \right). \tag{5}$$

Az 1. ábrán feltüntetett felszíngörbét az (5) képlettel, 10 m²/sec fajlagos vízhozam feltételezésével számítottuk ; a $c_k = 39$ sebességi tényezőt pedig *Mises* képletével, $k' = 0{,}0002$ érdesség (faragott kő) feltételezésével állapítottuk meg.

Felmerül még az a kérdés, hogy a c_k érték miképpen számítandó? kétféle eljárás lehetséges :

a) meghatározzuk m_0-hoz és m_1-hez a c_0, ill. c_1 értéket, s képezzük a

$$c_k = \frac{c_0 + c_1}{2} \tag{6}$$

számtani közepet ;

b) a másik lehetséges mód az volna, hogy az $m_k = \frac{m_0 + m_1}{2}$ középmélységhez határozzuk meg a c_k-t.

A végzett számítások az *a)* eljárás helyességét igazolták.

A felszíngörbe hosszát, ill. a görbe egyes pontjainak távolságát a *Manning-Strickler*-féle sebességi tényezővel is meghatároztuk :

$$c = \frac{1}{n} R^{1/6} \cong \frac{1}{n} m^{1/6},$$

ahol kőburkolatra $n = 0{,}025$ érdességi tényezőt vettünk figyelembe (3. ábra, II. táblázata).

Fel kell hívnom a figyelmet arra, hogy *Manning* és *Strickler* eredetileg a középsebesség képletét adták meg a

$$v = \frac{1}{n} R^{2/3} I^{1/2}$$

alakban, ahol a sebességi tényező $1/n$, ill. az érdességi tényező n. A fenti összefüggés azonban a

$$v = \frac{1}{n} R^{1/6} \sqrt{R\,I}$$

módon is felirható, ami úgy is fogalmazható, hogy a *Chezy*-féle középsebességi képletben *Manning-Strickler* szerint

$$\frac{1}{n} R^{1/6}$$

tekintendő sebességi tényezőnek.

A *Manning-Strickler* vagy más hasonló felépítésű képlet használata esetében nem kell megelégedni a sebességi tényező közelítő értékének felvételével, mert az integrálás elvégezhető a c változásának figyelembevételével is. Ilymódon a rohanó vízsugár felszíngörbéjének, ill. a vízugrástávolságnak a számítására szabatos képletet kapunk. Kiindulunk a (2) differenciál-egyenletből, amelybe

$$c_k = \frac{1}{n} R_k^{1/6} \cong \frac{1}{n} \left(m + \frac{dm}{2}\right)^{1/6}$$

irandó. Az m-hez képest a $dm/2$ elhanyagolható, s így a differenciál-egyenlet végleges alakja :

$$dx = \frac{1}{n^2} m^{1/3} \left(\frac{1}{g} - \frac{m^3}{q^2}\right) dm = \frac{1}{n^2} \left(\frac{m^{1/3}}{g} - \frac{m^{10/3}}{q^2}\right) dm \,.$$

Ennek megoldása megadja a felszíngörbe egyenletét. Ha a C integrálási állandót kiküszöböljük az $x = 0$, $m = m_0$ összetartozó értékpár behelyettesítésével, akkor valamely tetszőleges $m < m_h$ vízoszlopmagassághoz tartozó távolság

$$x = \frac{1}{n^2} \int_{m_0}^{m} \left(\frac{m^{1/3}}{g} - \frac{m^{10/3}}{q^2}\right) dm \,;$$

tehát a *felszíngörbe függvénye* felírható :

$$\boxed{x = \Phi(m) = \frac{3}{n^2} \left(\frac{m^{1,33} - m_0^{1,33}}{4g} - \frac{m^{4,33} - m_0^{4,33}}{13\, q^2}\right).} \tag{7}$$

A *teljes felszíngörbe* hossza — amely természetesen csak $m_2 = m_n$ esetben alakulhat ki — :

$$x_{max} = \frac{3}{n^2} \left(\frac{m_h^{1,33} - m_0^{1,33}}{4\, g} - \frac{m_h^{4,33} - m_0^{4,33}}{13\, q^2}\right) \tag{8}$$

Az $m_2 = f(m_1)$ alvízmélységhez tartozó *vízugrástávolság :*

$$\boxed{x_0 = \frac{3}{n^2} \left(\frac{m_1^{1,33} - m_0^{1,33}}{4\, g} - \frac{m_1^{4,33} - m_0^{4,33}}{13\, q^2}\right)} \tag{9}$$

A 3. ábra feltünteti az energiavonalat is, amelynek bármely ordinátája

$$H = m + \frac{q^2}{2\ gm^2}$$

összefüggésből számítható.

2. Az eljárás összehasonlítása más módszerekkel

A javasolt képlet használhatóságát *I. I. Agroszkin* szovjet professzor általános felszíngörbe vizsgálati módszerével és laboratóriumi kísérletek eredményeivel kívánom alátámasztani.

A vízszintes fenék fölötti rohanó vízmozgás felszíngörbéjének általános jellemzését *Agroszkin* professzor az

$$x_{\beta-\alpha} = \frac{a}{i_0}\left\{\overline{\pi}_{k0}(z_\beta - z_\alpha) - [f(z_\beta) - f(z_\alpha)]\right\}$$

függvénnyel adja meg, ahová az $R = m$ helyettesítéssel az alábbi összefüggések irandók:

$$\pi_{k0} = \frac{c^2 m\ i_0}{gm}$$

$$\overline{\pi}_{k0} = \frac{\pi_{k0,\alpha} + \pi_{k0,\beta}}{2}$$

$$z = \sqrt{\frac{\pi_{k0}}{\pi_k}}$$

$$f(z) = \int z^x\, dz + C$$

$$\pi_k = \frac{v^2}{gm}$$

$$a = \frac{m_\beta - m_\alpha}{z_\beta - z_\alpha}\ .$$

A fenti összefüggésekbe a kijelölt szakaszt lehatároló m_β és m_α mélységek, továbbá a hozzátartozó v_β és v_α sebességek irandók. A képletben szereplő i_0 valamely szabadon választott fiktív esés, amelynek felvétele azért szükséges, mert a nem vízszintes fenék esetére megadott *Agroszkin*-féle alapképletbe való helyettesítés az $i = 0$ esetre határozatlan eredményt ad.

Vizsgálatunknál a 3. ábrán feltüntetett példát kidolgoztuk *Agroszkin* eljárásával is. A K érdességi tényező ugyanaz, s ezzel a C sebességi tényezőre is az előbbi értékek adódnak, ha az m osztásokat ugyanúgy vesszük fel.

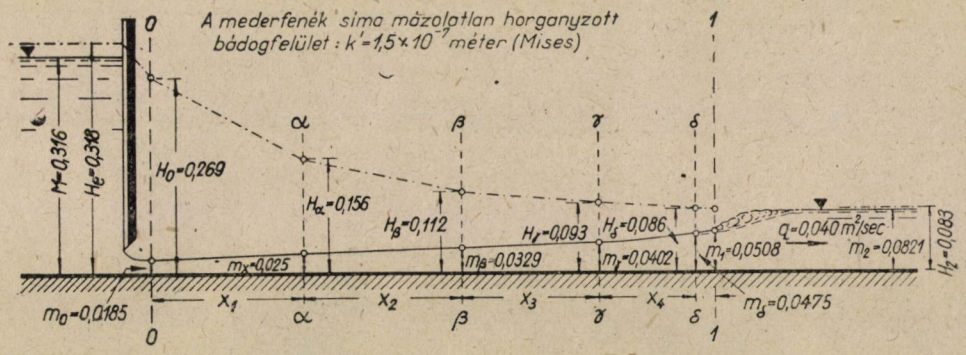
Derékszögű négyszögű szelvény esetére *Agroszkin* az $f(z) = \int z^x\,dz + C$ általános összefüggéshez az $x = 2$ kitevőt adja, s így

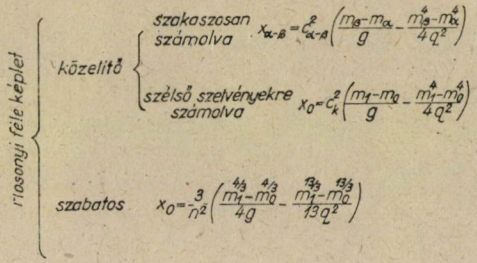
$$f(z_\beta) - f(z_\alpha) = \int_{z_\alpha}^{z_\beta} z^2\,dz = \frac{z_\beta^3 - z_\alpha^3}{3}.$$

A felhasznált összefüggés tehát :

$$x_{\beta-\alpha} = \frac{a}{i_0}\left[\overline{\pi}_{k0}(z_\beta - z_\alpha) - \left(\frac{z_\beta^3 - z_\alpha^3}{3}\right)\right],$$

ahol a számítás során az i_0 fiktív esést mindkét helyen (lásd a π_{k0} képletét is)





Közelítő képlettel							Szabatos képlettel számítva
Szakaszonként számítva						Közvetlenül számítva	
x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_0	x_0	x_0
2,08	2,14	1,86	1,31	0,24	7,63	8,25	7,55
			Mérés		7,85	7,85	7,85
			Eltérés	m	+0,22	−0,30	+0,30
				%	+2,8	−3,8	+3,8

4. ábra. A vízugrás-távolság képleteinek kísérleti ellenőrzése

0,001-nek vettük. (Ismétlem, hogy i_0 felvételétől nem függ a végeredmény).

A 3. ábrán közölt példát kidolgoztuk *Agroszkin* fenti eljárásával mind az *Agroszkin*-féle, mind a *Manning-Strickler*-féle érdességi tényező felhasználásával.

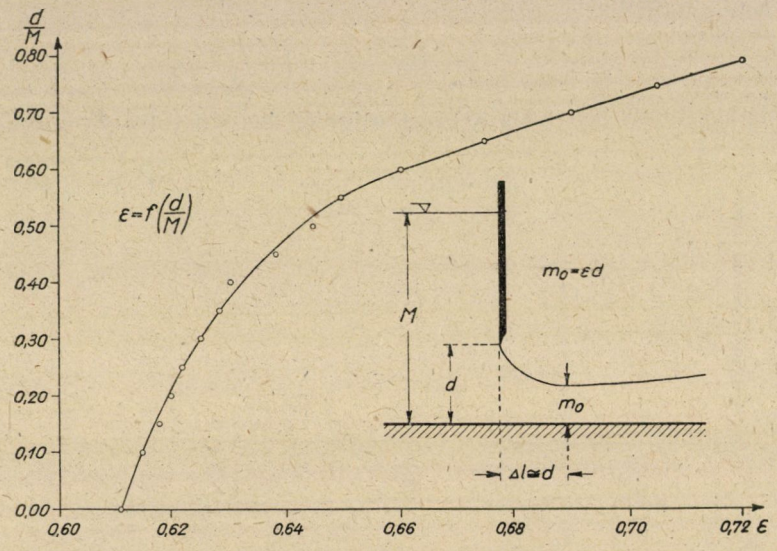
Az Agroszkin-féle eljárással szintén kétféleképpen végeztük a számításokat : *a)* szakaszokra való bontással és *b)* meghatároztuk a teljes felszíngörbe hosszát a szélső értékekből. Az eredmények itt is közel esnek egymáshoz úgy, hogy a szakaszos számítás mellőzése megengedhető elhanyagolásnak látszik.

Végül megállapítható az is, hogy *az általunk javasolt*, fizikai meggondolással levezetett és könnyen kezelhető *képlet igen jól megegyező eredményeket ad Agrosz-*

kin professzor általános érvényű felszíngörbe-függvényének a jelen speciális esetre való alkalmazásával.

A *4. ábra* a vízugrástávolság képletének laboratóriumi ellenőrzésével kapcsolatos eredményeket mutatja.

A kísérleteket egy 50 cm széles üvegcsatornában végeztük, amelynek



5. ábra. A függőleges kontrakció meghatározása Zsukovszkij és Vedernyikov szerint

fenekét mázolatlan bádoglemezzel burkoltuk. A sebességi tényezőt *Mises* szerint megadott ellenállási tényezőből számítottuk:

$$c = \sqrt{\frac{2g}{\psi}}, \text{ ahol}$$

$$\psi = 0{,}0024 + \sqrt{\frac{k'}{2R}} + \frac{0{,}3}{\sqrt{2R_e}} .$$

A behelyettesített értékek: $k' = 1{,}50 \times 10^{-7}$ méter, $R = m$ és $R_e = \frac{v\,m}{\nu}$ (13 C°-nál $\nu = 1{,}21 \cdot 10^{-6}$ m²/sec).

A Budapesti Műszaki Egyetem II. sz. Vízépítési tanszékén bádoglemezzel bélelt csatornával végzett másirányú kísérletek eredményeiből vettük át a k' értéket.

A 4. ábra táblázatából látható, hogy a képletünkkel számított és a kísérleti eredmények miképpen egyeznek a vízugrástávolság tekintetében.

3. A felületi érdesség meghatározása a vízugrás távolságából

A javasolt képlet használhatósága és az elvégzett nagyszámú kísérletsorozat alapján úgylátszik, hogy *a vízugrástávolság méréséből, igen egyszerű kísérleti berendezés igénybevételével, kielégítő pontossággal és gyorsan lehet levezetni a felületi érdesség értékét*, bármely használatos sebességi tényező (ill. ellenállási tényező) meghatározásához.

A vizsgálandó anyagot fenéklemezként beépítjük a laboratórium üvegcsatornájába és élesszélű, oldalkontrakció nélküli, szabatosan kezelt zsiliptáblával előállítjuk a vízugrást, mégpedig többféle változatban. Ehhez visszaduzzasztással változtatjuk az alvízmélységet és a vízhozamot, továbbá a zsilipnyitást is. Ily módon igen sok adat nyerhető gyorsan végrehajtható kísérletsorozatokból.

Ha szemügyre vesszük az (5) képletet, látjuk, hogy a c_k számításához az alábbi mennyiségeket kell ismerni:

a fajlagos vízszállítás $Q/B = q$,
a vízugrástávolság x_0,
a zsilip utáni beszűkített vízmélység m_0,
a vízmélység a vízugrás kezdeténél m_1.

A kísérletek arra mutattak, hogy az x_0 mérése kielégítő pontossággal eszközölhető, viszont az m_0, de különösen az m_1 megmérésénél bizonytalanság tapasztalható. Ezért a kísérletek végrehajtásánál arra törekedtünk, hogy m_0 és m_1 értékét közvetve állapítsuk meg.

Zsukovszkij és *Vedernyikov* elméleti vizsgálatai és kísérletei az 5. *ábrán* bemutatott összefüggést adják a zsiliptábla alatti átfolyásnál fellépő függőleges kontrakció tényezőjére. Ha tehát ismeretes az

$$\varepsilon = f\left(\frac{d}{M}\right)$$

összefüggés — ahol M a zsiliptábla előtti vízmélység, d pedig a táblanyitás, — akkor a *beszűkített vízmélység*

$$m_0 = \varepsilon\, d,$$

A beszűkülés távolsága pedig *Agroszkin* szerint közelítőleg ugyancsak d-nek vehető.

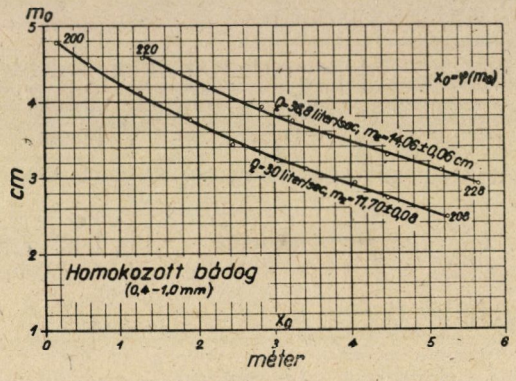
Az m_1 vízmélység mérése a következő meggondolással küszöbölhető ki:

Előállítunk vizugrást $q = \text{konst.}$ és $m_2 = \text{konst.}$ feltételek mellett a zsilip kétféle nyitásával. Nyilvánvaló, hogy mindkét jelenségre m_1 is állandó. Felírható tehát a d zsilipnyitáshoz, azaz az $m_0 = \varepsilon\, d$ kezdetű felszíngörbéhez tartozó vízugrástávolságra

$$x_0 = c_k^2 \left(\frac{m_1 - m_0}{g} - \frac{m_1^4 - m_0^4}{4\,q^2}\right);$$

d' zsilipnyitáshoz, azaz az $m'_0 = \varepsilon' d'$ kezdetű felszíngörbéhez pedig

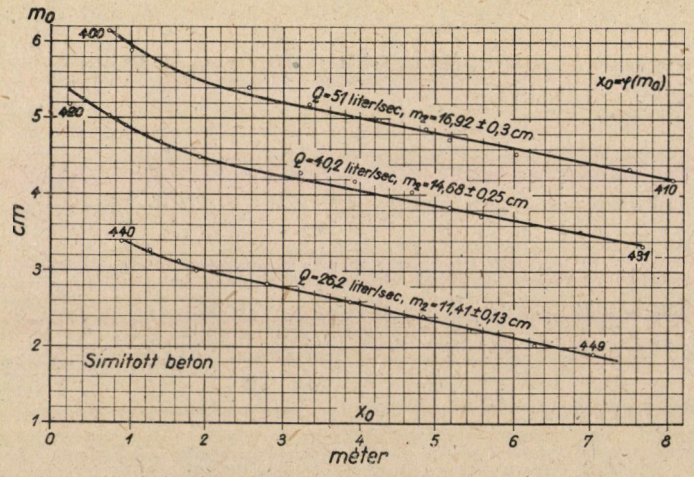
$$x'_0 = c'^2_k \left(\frac{m_1 - m'_0}{g} - \frac{m_1^4 - m'^4_0}{4\,q^2} \right).$$



6. ábra. Az érdességi tényezők meghatározására szolgáló kísérleti eredmények (homokozott bádog)

Ha megtesszük azt a gyakorlatilag igazolt elhanyagolást, hogy $c_k \cong c'_k$, akkor a két egyenletből m_1 kiküszöbölhető:

$$x'_0 - x_0 = \Delta x_0 = c_k^2 \left(\frac{m_0 - m'_0}{g} - \frac{m_0^4 - m'^4_0}{4\,q^2} \right),$$



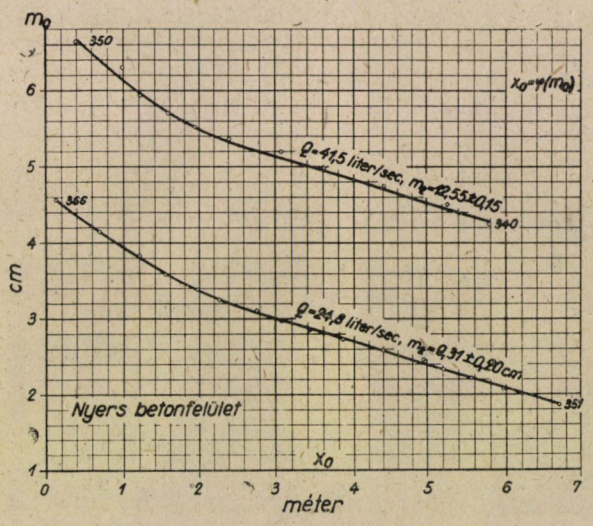
7. ábra. Az érdességi tényezők meghatározására szolgáló kísérleti eredmények (simított beton)

innen

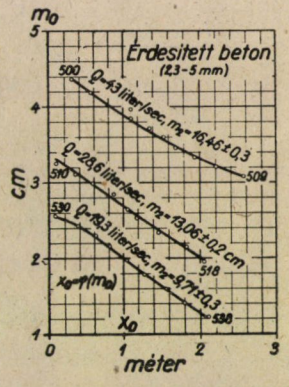
$$c_k = \sqrt{\frac{\Delta x_0}{\frac{m_0 - m_0'}{g} - \frac{m_0^4 - m_0'^4}{4q^2}}} \qquad (10)$$

A Δx_0 tehát a két vízugrástávolság különbsége, m_0 és m'_0 pedig a *Zsukov szkij* és *Vedernyikov* összefüggéséből számítható beszűkült (kontrahált) vízmélységek.

A 6—11. *ábra* a felületi érdesség meghatározására szolgáló kísérleti eredményeket mutatja be. A 6. *ábra* homokfelülettel, a 7—9. ábrák háromféle



8. ábra. Az érdességi tényezők meghatározására szolgáló kísérleti eredmények (nyers betonfelület)



9. ábra, Az érdességi tényezők meghatározására szolgáló kísérleti eredmények (érdesített beton)

érdességű betonburkolattal, a 10. *ábra* gyalult deszkaburkolattal, s végül a 11 ábra bádogfelülettel végzett kísérletekre utal.

A kísérletek végrehajtásának és kiértékelésének sémája:

1. Permanens egyenletes áramlási állapot beállítása, azaz q = konst., m_2 = konst. (Ellenőrzésképpen m_2 mérése).

A zsiliptábla különböző nyitásával 8—10 mérés végrehajtása, éspedig:

2. mérve: x_0,
3. beállítva: d,
4. mérve: M,

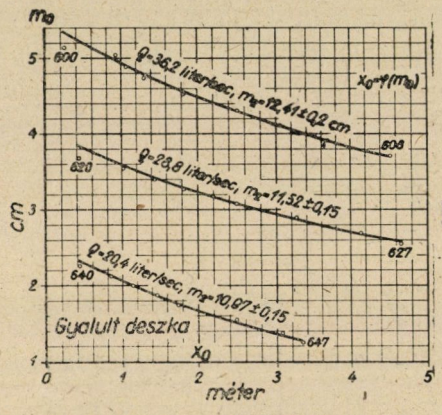
5. számítva M- és d-ből ε és m_0.

6. figyelembevéve, hogy q = konst. és m_2 = konst. (m_1 is konst.), az x_0 és m_0 észlelési eredmények felrajzolhatók

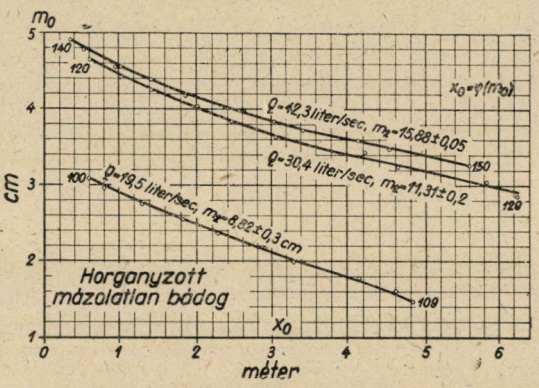
$$x_0 = \psi(m_0)$$

pontsorok alakjában. (Mindegyik pontsort jellemzik még a q = konst. és m_2 = = konst. paraméterek).

7. A pontsorokat kiegyenlítjük összefüggő görbékké.



10. ábra. Az érdességi tényezők meghatározására szolgáló kísérleti eredmények (gyalult deszka)



11. ábra. Az érdességi tényezők meghatározására szolgáló kísérleti eredmények (horganyozott mázolatlan bádog)

8. A görbékből pontpárokat kiragadva igen sokféle változatban számítható a c_k érték a (10) képlet segítségével — nemcsak észlelt, hanem közbeeső helyeken is.

9. Az érdességi tényező számításához legtöbbnyire kell a közepes hidraulikus sugár, ami a jelen esetben

$$R_k \cong m_k = \frac{m_0 + m_0'}{4} + \frac{m_1}{2}.$$

10. Az előbbi pont alatt említett számításhoz, azaz a közepes hidraulikus sugárnak a sebességi tényező képletébe való felhasználásához megfelel az m_1 közelítő értéke is. A megmért m_2-ből m_1 számítható.

A csatolt *I. táblázaton* mutatom be az érdességi tényező számítását az említett

$$x_0 = \varphi(m_0)$$

empirikus görbék és a (10) képlet felhasználásával.

I. TÁBLÁZAT

Az érdességi tényezők táblázatos számítása az $x_0 = \varphi\ (m_0)$ görbék alapján

Érdesített beton ($\varepsilon = 2{,}3$—5 mm)

$$c_k^2 = \frac{\Delta x_0}{\frac{m_0 - m_0'}{g} - \frac{m_0^4 - m_0'^4}{4q^2}}$$

az 500—509 görbéről választott értékek:

	m_0 [cm]	x_0 [m]	m_0^4 [m⁴] 10^{-8}	$\frac{m_0^4}{4q^2}$ [sec²] 10^{-3}	$\frac{m_0}{g}$ [sec²] 10^{-3}
a)	4,30	0,37	342	0,116	4,38
b)	4,20	0,53	309	0,104	4,28
c)	4,10	0,68	283	0,096	4,18
d)	4,00	0,84	256	0,087	4,08
e)	3,90	0,99	231	0,078	3,98
f)	3,80	1,15	206	0,072	3,87
g)	3,70	1,32	188	0,064	3,77
h)	3,60	1,48	166	0,056	3,67
i)	3,50	1,64	150	0,051	3,57
j)	3,40	1,81	134	0,045	3,47
k)	3,30	2,00	117	0,040	3,37
l)	3,20	2,21	104	0,035	3,26
m)	3,10	2,47	92,4	0,031	3,16

$q = 0{,}086$ [m²/sec];

$4q^2 = 295 \times 10^{-4}$ [m⁴/sec²]

$m_2 = 16{,}46$ cm

$$m_1 = -\frac{m_2}{2} + \sqrt{\left(\frac{m_2}{2}\right)^2 + 4 m_2 k_2} = 4{,}45 \text{ cm}$$

$$R_e = \frac{q}{\nu_{13°}} = \frac{0{,}086 \text{ m}^2/\text{sec}}{0{,}00000121 \text{ m}^2/\text{sec}} = 71{,}100$$

$$R = \frac{m_0 + m_0'}{4} + \frac{m_1}{2}$$

Agroszkin: $c = 17{,}72\,(K + \log R)$

Manning—Strickler: $c = \frac{1}{n} R^{1/6}$

Mises: $c = \sqrt{\frac{2g}{\psi}}$;

$$\psi = 0{,}0024 + \sqrt{\frac{k'}{2R} + \frac{0{,}3}{\sqrt{2R_e}}}$$

$R \approx m$

$$S = \frac{m_0 - m_0'}{g} - \frac{m_0^4 - m_0'^4}{4q^2}$$

	$\frac{m_0 - m_0'}{g}$ [sec²] 10^{-3}	$\frac{m_0^4 - m_0'^4}{4q^2}$ [sec²] 10^{-3}	S [sec²] 10^{-3}	Δx_0 [m]	c_k^2	c_k	R [m]	K Agroszkin	n Manning Strickler	k' Mises [m] 10^{-6}
a—m'	1,220	0,085	1,135	2,10	1851	42,9	0,0408	0,0136	3,81	2,24
b—l'	1,020	0,069	0,951	1,68	1770	42,1	0,0408	0,0139	3,76	2,55
c—k'	0,810	0,056	0,754	1,32	1750	42,0	0,0408	0,0139	3,76	2,61
d—j'	0,610	0,042	0,568	0,97	1710	41,3	0,0408	0,0141	3,72	2,82
e—i'	0,410	0,027	0,383	0,65	1695	41,2	0,0408	0,0142	3,72	2,82
f—h'	0,200	0,016	0,184	0,33	1790	42,2	0,0408	0,0138	3,77	2,44

II. TÁBLÁZAT

A szerző eljárása szerint meghatározott érdességi tényezők

		A fenékborítás	Érdességi adatok											
			Agroszkin »K«				Manning—Strickler »n«				Mises »k'«			
			kézikönyvi adatok	mérési eredmények			kézikönyvi adatok	mérési eredmények			kézikönyvi adatok			
				p	$\overline{K}$	σ_k		p	$\overline{n}$	σ_n		p	$\overline{k'}$ [m]	$\sigma_{k'}$
							$\times 10^{-3}$		$\times 10^{-3}$	$\times 10^{-3}$	$\times 10^{-7}$		$\times 10^{-7}$	$\times 10^{-7}$
1	400	Simított beton	5,12—5,64	21	5,25	0,14	10,0	21	8,7	0,4	0,8—1,4	21	0,96	0,42
2	600	Gyalult deszka	4,70—5,12	14	4,72	0,15	11,0	14	9,9	0,51	5,0—10,0	14	4,60	1,30
3	100	Horganyzott bádog		22	4,62	0,10	—	22	10,2	0,37	—	22	5,32	0,94
4	300	Nyers beton	4,0—4,4	10	4,38	0,074	13,0	10	11,05	0,39	—	10	11,16	3,00
5	200	Homok ..... ⌀ : 0,4 — 1,0 mm	3,7—4,0	19	4,28	0,05	14,0	19	11,4	0,12	—	19	14,08	0,78
6	500	Érdesített beton ..... ⌀ : 2,4 — 5 mm	3,3—3,7	17	3,78	0,03	15—17	17	14,0	0,2	—	17	49,4	4,80

$$\overline{K} = \frac{\sum_1^p K_i}{p} \qquad \sigma = \sqrt{\frac{\sum_1^p \Delta K_i^2}{p}} \qquad \Delta K_i = K_i - \overline{K} \qquad p \text{ a felhasznált adatok száma}$$

Végül a *II. táblázat az ismertetett eljárás alapján meghatározott érdességi tényezőket* a szóbanforgó anyagfelületek érdességének irodalmi adataival összehasonlítva foglalja össze. A megállapított sebességi tényezőkből az *Agroszkin-*, a *Manning-Strickler-* és a *Mises-féle* érdességi értékeket vezettük le.

A fent ismertetett kísérletek irányításommal a *Budapesti Műszaki Egyetem II. sz. Vízépítési Tanszékének laboratóriumában, a Magyar Tudományos Akadémia támogatásával* folytak. A kísérletek végrehajtását legnagyobbrészt *Szesztay Károly* mérnök végezte, aki a mérések kiértékelése során tanusított ötletességével hathatósan hozzájárult e munka eredményességéhez. Ezenkívül köszönet illeti még *Papp István, Karádi Gábor* mérnököket, továbbá *Török László* és *Orlóczy István* szigorló mérnököket, akik az igen jelentékeny számítási munkában vettek tevékenyen részt.

HOZZÁSZÓLÁSOK

MOSONYI EMIL lev. tag előadásához

PATTANTYUS Á. GÉZA

Minden a tudományos kísérleti kutatómunkában jártas vízgépész örömmel vesz tudomást egy olyan új mérési módszer kidolgozásáról, amely az eddig létező hosszadalmas és költséges mérési eljárásoktól eltérően meglepő gyorsan ad könnyen és pontosan kiértékelhető eredményt.

Mosonyi Emil előadásának tudományos értékét elsősorban abban látom, hogy közismert áramlástani egyenletek energetikai értelmezésével és céltudatos összevonásával olyan, — eddig ismeretlen — szabatos és jól áttekinthető képleteket vezetett le, amelyek nemcsak a vízugrás távolságának pontos kiszámítására alkalmasak, hanem hozzájárulnak a vízugrás kialakulását befolyásoló tényezők mennyiségi kapcsolatának tisztázáshoz is.

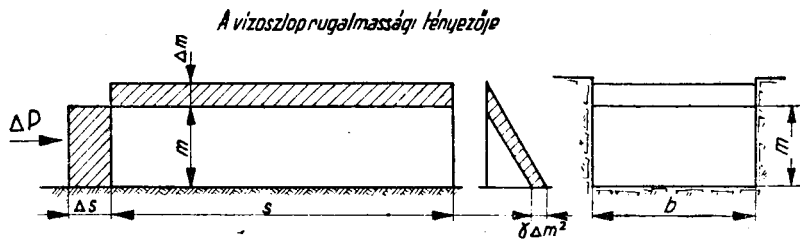
Az új elmélet annyira meggyőző és az összefüggések annyira világosak és egyszerűek, hogy a számítás menetének megfordításával a felületi érdesség meghatározására alkalmas, laboratóriumi kismintán elvégezhető mérési eljáráshoz is juthatunk.

A laboratóriumi kísérletsorozatok könnyen kiértékelhető eredményei elvitathatatlan gyakorlati értékük mellett az áramlástani elméletek továbbfejlesztésére is alkalmasak, a tudományos kísérleti kutatás továbbfolytatása tehát ezen a területen feltétlenül indokolt.

Itt emelem ki a nyitott csatornában áramló vagy rohanó víz közismert $w = \sqrt{m\,g}$ nagyságú úgynevezett hullámsebességének döntően fontos szerepét az áramkép kialakulásában.

E hullámsebesség kiszámítására vezető sokféle gondolatmenet közül ez alkalommal is zárt csővezeték hirtelen zárásakor keletkező *vízlökés* és a nyitott csatornában a hullámsebességgel hátrafelé terjedő *duzzasztóküszöb* között található analógiára hívom fel a figyelmet. A csatornát kitöltő vízoszlop »rugalmassági tényezőjének« bevezetésével ugyanis *Zsukovszkij* és *Alliévi* elmélete nyitott csatornára is alkalmazható.*

A 12. ábra szerint m mélység és $\gamma = \varrho \cdot g$ fajsúly esetén az ideális »rugalmassági tényező«: $E_r = \gamma \cdot m$, a hullámsebesség pedig: $w = \sqrt{E_r/\varrho} = \sqrt{m \cdot g}$.



12. ábra

* *Pattantyus A. Géza:* Gyakorlati áramlástan, 198. oldal.

Végül még említést érdemel egy régóta ismert, de eddig kellően ki nem aknázott másik analógia is, amely a nyitott csatornában folyó víz és az összenyomható gáz áramlástanában kimutatható. A gázdinamika az ú. n. *Mach*-számmal fejezi ki a c gázsebességnek a w hangsebességhez viszonyított értékét, azaz

$$M = c/w .$$

Ugyanilyen *Mach*-számmal jellemezhető a nyitott csatornában áramló ($M < 1$) vagy rohanó ($M > 1$) víz mozgása is.

Ennek az analógiának kiaknázása mindkét tudományág kölcsönösen termékeny kutatási területévé alakulhat és az adott esetben a nyilt vízfolyások áramlástani elméletének további kimélyítésére is vezethet.

Itt hívom fel a vízépítési tanszékek vezetőségének figyelmét a Műegyetem Aerodinamikai Intézetében az ilyen irányban megindult elméleti kutatómunkára is, mert úgy látom, hogy a kutatólaboratóriumok szoros együttműködésével ez a munka könnyebben és gyorsabban kiterjeszthető a kísérleti kutatás területére is.

SZILÁGYI GYULA

A vízugrás kérdése az utóbbi évtizedekben a víziépítmények, különösen a duzzasztóművek és zsilipek méreteinek növekedésével mindinkább előtérbe lépett. Ennek az érdekes jelenségnek gyakorlati jelentőségét az a körülmény adja meg, hogy sokféle vízépítési műtárgynál gyakran alakul ki vízugrás, amivel a műtárgy méretezésénél számolni kell és ezenkívül magát a tervszerűen kialakított vízugrást is többféle célra fel lehet használni, mint például a víztisztításnál levegőztető berendezés előállítására, vagy megemlíthető, hogy szerepet játszik a vízmennyiségmérő *Venturi*-csatorna működésénél is.

Számos kutató foglalkozott századunk eleje óta a vízugrás jelenségével, de különösen élénk kutatómunka folyt az utóbbi két évtizedben a Szovjetunióban, ahol a sztálini ötéves tervek nagyarányú vízi építkezéseivel kapcsolatosan nagyszámú vízépítési laboratórium létesült és azokban a hidraulikai kutatás terén igen eredményes munkát fejtettek ki.

A vízugrás jelenségeinek tudományos elemzését a mult század 40-es éveiben *Bélanger* indította el a mozgásmennyiségek tételéből kiinduló levezetésével. A szovjet kutatók is ezen az alapon elindulva, de önálló utakon folytatták a vízugrás jelenségének vizsgálatát és különösen a fajlagos energia minimumának értelmezésével és az összetartozó kapcsolt mélységek közötti függvénykapcsolat fogalmának bevezetésével a vízugrás hidraulikai számítását és az azzal összefüggésben jelentkező vízszínkapcsolódások kérdését egységes elméleti alapra helyezték.

A szakirodalomban a vízugrás jelenségeinek kimerítő tárgyalását találjuk, de ez a sokoldalú probléma még nincsen minden vonatkozásban felderítve és tisztázva. Egyik lassan kialakuló probléma volt a vízugrástávolság kérdése, aminek fejlődése az utóbbi évtizedben jutott kielégítő megoldáshoz.

A szovjet szakirodalom a vízugrás jelenségének általános szemlélete alapján tárgyalja a vízugrástávolságot és az ú. n. »vízugrásfüggvény« és az összetartozó mélységek kifejezésével oldja meg a kérdést. Ez az eljárás éppen általános jellege folytán elvileg egyszerű, de hosszadalmas számítással jár,

amit előre elkészített függvénytáblázatok használatával egyszerűsítenek le.

Mosonyi Emil a vízugrástávolság kérdését derékszögű négyszögű, prizmatikus szelvényű mederben, vízszintes utófenék esetében tárgyalja s ezzel a megszorítással a probléma terjedelmét a gyakorlatban leggyakrabban előforduló esetekre korlátozza. Először felállítja az *impulzustétel* alapján a jellemző szelvények energiatartalma közötti összefüggéseket. Azután megengedhetőnek ítélt feltételezéssel — aminek jogosságát a későbbi kísérletek igazolták — a vízugrás előtti rohanó állapotban levő változó vízmozgás felszíngörbéjének megállapításánál figyelmen kívül hagyja a változó sebességből származó veszteséget és az elemi *dx* hosszon előálló *dH* energiaveszteséget csupán a *Chézy*-képlet alapján fejezi ki. Ez a közelítő feltevés Mosonyi elgondolásának sarokpontja és ennek árán válik lehetővé, hogy a vízugrástávolságot egyszerű képlettel kifejezze.

Az így felállított képlettel számított értékeket a laboratóriumi kísérletek igazolták és ezután természetesnek látszik, hogy az *Agroszkin* szovjet professzor általánosabb érvényű felszíngörbe-függvényével végzett összehasonlító számítások eredménye Mosonyi képletével jól megegyezik.

A képlet helyes felállításának — mondhatjuk — mellékeredménye az a felismerés, hogy a képlet a felületi érdesség meghatározására is lehetőséget nyujt. Minden, részben vagy egészben határolt folyadékmozgás számításának elengedhetetlen feltétele a határoló felület érdességének ismerete.

A képlet helyességének kísérleti igazolása során Mosonyi levonta azt az egyébként kézenfekvő következtetést, hogy a képlet használata megfordítható és a vízugrástávolság észlelése módot nyujt az érdesség értékének számítására

Az érdesség megállapításának ez a módszere természetes vízfolyásokban nyilvánvalóan nem alkalmazható, mert ott vízugrást előállítani nem lehet, de igen hasznos módszer a modellkísérletezés számára, ahol a kisminta tervezésénél és annak elkészülte után, a kísérletezés megkezdése előtt rendszerint felmerül az a bizonytalan kérdés, hogy a kisminta érdességének mi lehet a valóságos értéke.

Az eddig kialakult gyakorlat szerint ezt előkísérlettel állapítjuk meg: a modellben ismert vízmennyiséget folyatunk, a nedvesített szelvénnyel megállapítjuk a középsebességet és számítjuk a *Chézy*-képlet sebességtényezőjét. De ehhez még észlelnünk kell a kismintában a vízszintesést, ami többféle okból igen nehézkes és bizonytalan értéket adó eljárás. Mosonyi új képletével és javaslatával lehetőség nyilik az érdesség megbízhatóbb megállapítására minden olyan esetben, amikor a modellben rohanó vízmozgást elő tudunk állítani, aminek szilárd medrű modellekben rendszerint nincsen akadálya.

Hordalékos vízfolyást ábrázoló mozgó medrű modellben vízugrás előállítása már körülményesebb, de nem megoldhatatlan feladat. A laboratóriumi modellkísérletezés ezzel az eddig nem ismert eljárással hasznos módszerhez jutott.

Hozzászólásomat így foglalhatom össze: *Mosonyi Emil* a vízugrás egyik nehezen kezelhető jelenségét mechanikailag értelmezte, azután helyes hidraulikai érzékkel egyszerűsítő feltevéseket bevezetve a vízugrástávolságra új, egyszerű formulát állított fel és jól használható módszert javasolt a felületi érdesség kísérleti úton való meghatározására.

SERF EGYED

Az elhangzott előadáshoz a tervező- és építőmérnöki gyakorlat szempontjából szeretnék hozzászólni. Amikor *Mosonyi Emil* a vízugrás távolságának

meghatározására új képletet állított fel, nem pusztán matematikai teljesítményt ért el, hanem a tervező mérnökök szélesebb köre számára adott egy jól alkalmazható méretezési eljárást. A vízugrástávolság méreteinek ismeretére olyan műtárgyak tervezésével kapcsolatban van szükség, amelyeknél a tökéletes átbukás, vagy a nyomás alatti átfolyás jelenségeivel találkozunk: vízmosáskötő gátaknál és kisebb duzzasztóműveknél, zsilipeknél. A rohanó mozgást végző vízsugár áramló mozgásba való átmenete vízugrás néven ismert jelenség alakjában történik és ismeretére az utófenék hosszának megállapítása érdekében van szükség. Az eddig ismert képletek közül az előadó által is említett *Agroszkin* szovjet tudós vizsgálati módszere volt használatos. Az *Agroszkin*-képlet segítségével a vízugrás távolságának meghatározása alapos felkészültséggel és megfelelő hidraulikai szemlélettel rendelkező tervező számára is legalább kétórai munkát jelent, akkor is, ha az illető alaposan begyakorolta magát a számítási eljárásba. A fent vázolt körülmények okozták azután, hogy utófeneket igénylő műtárgyak hidraulikai méretezése csak a jelentősebb és kiemelkedőbb műtárgyaknál történt megfelelő gonddal. A kisebb méretű, de igen nagyszámú apróbb műtárgyak, vízmosáskötő gátak, belvízzsilipek, duzzasztóművek, öntözőzsilipek stb. tervezésénél megelégedtek tapasztalati formulákkal, amelyek szabatos eredményt soha sem szolgáltattak. Legismertebb a *Smetana*-féle képlet, amelynek eredményét biztonságból 10—20%-kal megnövelték. Így készültek feleslegesen hosszú utófenékkel ellátott műtárgyak mellett túlrövid utóágyazatok, amely utóbbiaknál használatbavétel után kellett a mederben keletkezett rongálódásokat kijavítva, az elegendő méretű utófenék biztosítását elkészíteni.

Az a véleményem, hogy a Mosonyi Emil által felállított képlet a tervezők részére egy könnyen kezelhető eszközt adott az utófenékméretezések számára. A képlet egyszerű formája miatt 25—30 perc alatt megoldható és már ezért is valószínű, hogy tervezőink sűrűn fogják használni.

A jó tervek alapján készült műtárgyak normális fenntartási költséggel lesznek üzemeltethetők. Hogy a gyakorlati élet és népgazdaságunk számára milyen kihatással lehet a tudományos vizsgálat egy ilyen eredményének elterjesztése és bevezetése, arra legyen szabad egy rövid kalkulációt ismertetnem.

Felemelt ötéves tervünkben kereken 300 000 hold öntözése van előirányozva. Ha 5 holdankint számítunk egy-egy kisméretű zsilipet, amelynél nyomás alatti átfolyással találkozunk, akkor már figyelembe vettük azt is, hogy a csatornák egy része burkolattal készül, ahol külön utófenékbiztosításról gondoskodni nem kell. 300 000 holdnál ez 60 000 műtárgyat jelent, amelyek tervezésénél az utóágyazat hidraulikai méretezését tapasztalati képletekkel, vagy érzékkel pótolják. Tegyük fel, hogy ennek eredményekép a feleslegesen hosszú, az éppen helyes és a károsan rövid esetek az összes esetek harmadharmadrésze arányában fordulnának elő. A *Mosonyi-féle* képlet bevezetésével a helyes méretezés alapján hibátlan utófenekek készülhetnek, aminek javára a következő megtakarítások esnek:

Műtárgyankint 2 m² betonburkolat értékével felérő utófenékbiztosítás megtakarítása 20 000 zsilipnél 40 000 m² à 30 forint, 1 200 000 forint.

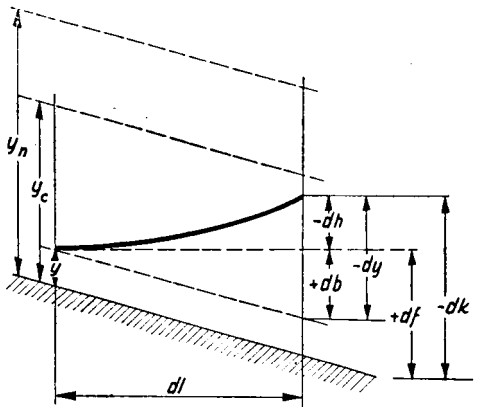
A rövidnek bizonyuló utófenékbiztosítás használat közben való elkészítésének többköltsége műtárgyankint 40 Ft-ra becsülve, 20 000 műtárgynál 800 000 Ft, tehát a kettő összesen 2 000 000 forint.

Tehát a képlet hozzáférhetősége 2 millió Ft-nyi megtakarítást eredményezhet népgazdaságunknak csak az öntözéseknél.

Ha most még figyelembevesszük a vízmosáskötő gátak igen komoly költséget képviselő utófenékszerkezetét, s számos ipari vízkivétellel kapcsolatosan kisebb vízfolyásainkon létesítendő duzzasztóműveket, amelyeknél az egyszerű sík utófenék méretezése alapvető kérdés, nyugodtan megállapíthatjuk, hogy az elhangzott előadásban ismertetett tudományos eredmény komoly segítség a gyakorlati élet számára.

BOGÁRDI JÁNOS

Mikor legelőször kifejezést adok annak a nagy örömnek, amely eltöltött ennek az értékes és hidraulikai ötletekben gazdag, újszerű elgondolásokkal tűzdelt előadásnak a meghallgatása után, kiegészítésképpen hozzáfűzök pár



13. ábra

mondatot és felhívom az előadó figyelmét néhány körülményre, amelyeket további vizsgálatainál esetleg felhasználhat.

Mosonyinak a vízugrástávolság meghatározására levezetett és fizikai meggondolások alapján felállított új képletét szeretném a magam részéről azzal kiegészíteni, hogy változó vízmozgásoknál a vízszintemelkedés és a sebességmagasság változásai, valamint a súrlódási veszteségek közötti általános összefüggést felemlítsem. Ezzel ki szeretném egészíteni az elhangzott előadást és bemutatni, hogy Mosonyi Emil által előadott vízugrás, mint az általános összefüggés különleges esete, teljes mértékben megfelel az alaptörvényszerűségeknek.

A vízszintmagasságok és a sebességmagasságok két szomszédos keresztszelvénynél mért különbsége, valamint a súrlódás következtében bekövetkező nyomásveszteség között, *Woodward S. M.* nyomán az alábbi általános összefüggést állapíthatjuk meg. Vegyünk egész általános esetet, amikor a fenék balról jobbra esik és a vízszintesés nem párhuzamos a fenékeséssel és — mondjuk — sebességcsökkenés következik be. (*Lásd a 13. ábrát*).

Legyen :

df = a nyomásveszteség dl távolságon a súrlódás következtében ;

dh = a vízszintmagasság különbsége két szomszédos keresztszelvénynél, pozitív, ha balról jobbra csökken a vízszintmagasság ;

dk = a sebességmagasság különbsége két szomszédos keresztszelvénynél, pozitív, ha nő a sebesség;

db = a fenékmagasság különbsége két szomszédos keresztszelvénynél, pozitív, balról jobbra való lejtésnél;

dy = a vízmélység különbsége két szomszédos keresztszelvénynél, pozitív, ha a jobboldali keresztszelvénynél a vízmélység kisebb, mint a baloldali szelvénynél;

Q = az egységnyi szélesség másodpercenkinti vízhozama, állandó érték;

l = a csatorna hossza;

y = a vízmélység tetszőleges keresztszelvénynél;

y_c = a kritikus vízmozgás mélysége, vagyis a vízmélység a rohanás határállapotánál;

y_n = a semleges vízmélység, amelynél a vízszintesés párhuzamos marad a fenékkel, vagyis amelynél a fenékesés éppen elegendő a súrlódás legyőzésére;

S = a fenékesés, balról jobbra való lejtésnél pozitív;

S' = adott vízmélységhez tartozó semleges esés, amely elegendő a súrlódás legyőzésére.

A fenti jelölések bevezetésével, ha a vízszint kialakulásának 12 változata közül tetszés szerinti változatot felrajzoljuk, geometriailag felírhatjuk, hogy

$$dh = db + dy \tag{11}$$

a *Bernoulli*-tétel szerint

$$dh = df + dk \tag{12}$$

A kritikus vízmélység

$$y_c = \sqrt[3]{\frac{Q^2}{g}}, \quad \text{vagyis} \quad Q^2 = y_c^3 g.$$

A semleges vízmélységnél $S' = S$, mivel pedig S' egyenletes vízmozgást tart fenn,

$$S' = \frac{v^2}{c^2 y} = \frac{Q^2}{c^2 y^3},$$

amiből

$$y = \sqrt[3]{\frac{Q^2}{c^2 S'}}.$$

Mármost nevezzük a vízmélységet a $S' = S$-nél y_n-nek, vagyis

$$y_n = \sqrt[3]{\frac{Q^2}{c^2 S}}, \tag{13}$$

melyből $S = \frac{Q^2}{c^2 y^3}$, vagy figyelembevéve a kritikus vízmélységet,

$$S = \frac{g}{c^2} \cdot \frac{y_c^3}{y_n^3}$$

és így

$$db = S\, dl = \frac{g}{c^2} \frac{y_c^3}{y_n^3} dl. \tag{14}$$

A *Chézy*-sebességképletből

$$df = \frac{v^2}{c^2 R}\, dl = \frac{Q^2}{c^2 y^3}\, dl = \frac{g}{c^2} \cdot \frac{y_c^3}{y^3}\, dl \,. \tag{15}$$

A $db = S\, dl$ figyelembevételével, (14) szerint

$$df = \frac{y_n^3}{y^3}\, db, \quad \text{vagy} \quad \frac{df}{db} = \frac{y_n^3}{y^3} \,. \tag{16}$$

Ugyanígy megkaphatjuk a sebességmagasság-különbséget

$$dk = \frac{y_c^3}{y^3}\, dy, \quad \text{vagy} \quad \frac{dk}{dy} = \frac{y_c^3}{y^3} \,. \tag{17}$$

(11) és (12) egyenlőséget figyelembevéve már most az előző összefüggéseket a következő alakban írhatjuk fel

$$dh = \frac{g}{c^2}\, \frac{y_c^3}{y_n^3}\, dl + dy \,, \tag{18}$$

vagy

$$dh = \frac{g}{c^2}\, \frac{y_c^3}{y^3}\, dl + \frac{y_c^2}{y^3}\, dy \,. \tag{19}$$

(18) és (19)-ből kiküszöbölhetjük a *dh*-t, és *dl*-re megoldva megkaphatjuk az általános esetet kifejező differenciál-egyenletet. Eszerint

$$dl = \frac{c^2}{g}\, \frac{\frac{y^3}{y_c^3} - 1}{1 - \frac{y^3}{y_n^3}}\, dy \,. \tag{20}$$

Esetünkben vízszintes fenéknél $y_n = \infty$ s így

$$dl = \frac{c^2}{g}\, \frac{y_c^3 - y^3}{y_c^3}\, dy \,. \tag{21}$$

Ha figyelembe vesszük, hogy a *Mosonyi-féle* differenciál-egyenletnél

$$\begin{aligned} dx &= dl \\ dm &= dy \\ q^2 &= Q^2 \\ m &= y \end{aligned}$$

és továbbá $g\,y_c^3 = Q^2$, valójában a *Mosonyi-féle* differenciál-egyenletet kapjuk, vagyis

$$dx = c^2 \left(\frac{1}{g} - \frac{m^3}{q^2}\right) dm \ .$$

Ezzel a kiegészítéssel bemutattuk, hogy az elhangzott előadásban a vízugrástávolság kiszámítására levezetett differenciál-egyenlet tényleg megfelel a vízszintmagasságok és sebességmagasságok különbsége, továbbá a súrlódási nyomásveszteségek, valamint a távolságok általános összefüggésének.

Javasolnánk az előadónak, hogy a vízugrástávolság számításánál, a minden bizonnyal bekövetkező további tanulmányai során, vegye figyelembe az egyenlőtlen sebességeloszlások esetét is.

Egyenlőtlen sebességeloszlásnál dA területelemen átfolyó víz $dQ = v_n dA$, ahol $v_n = v \cos \delta$ és δ jelenti a v tényleges sebességének a dA elemre emelt merőlegessel bezárt szögét. Így a dA elemen másodpercenkint a folyadékáramlásból származó mozgásmennyiség

$$\frac{\gamma}{g} v_n \, dA \, | \, v_n | = \frac{\gamma}{g} v_n | \, v_n | \, dA,$$

vagyis ez az érték a teljes keresztszelvényre nem

$$\frac{\gamma}{g} Qv, \text{ hanem } \quad \frac{\gamma}{g} \int v_n | \, v_n | \, dA,$$

vagy, ha bevezetjük a *Coriolis-féle* állandót,

$$\frac{\gamma}{g} \int v_n | \, v_n | \, dA = \alpha \, \frac{\gamma}{g} \, Qv.$$

Az előadó említette, hogy a felületi érdesség, illetőleg sebességtényező számításánál a *Reynolds*-számot figyelembevette. Ebbe a kérdésbe bele kellene mélvedni, mert talán lehetne még javítást elérni.

Az a véleményem, hogy *az előadott tanulmány leglényegesebb eredménye a felületi érdesség meghatározására ily módon eszközül kézbekapott eljárás*, mely nagyban elő fogja segíteni azokat a számítási és méretezési munkákat, amelyeket vízgazdálkodási terveink további végrehajtása során szükséges elvégeznünk.

KOVÁCS GYÖRGY

Az elhangzott előadás alapján a végzett kutatásoknak azokra a jelentőségeire kívánok rámutatni, melyek részben az elméleti hidromechanikát viszik előbbre, részben pedig a vízépítési gyakorlatban jelentős megtakarításra adnak lehetőséget.

Elméleti vonalon, amellett, hogy igen érdekesnek tartom az elért eredményeket is, a kutatás módszerében látom ennek a mai beszámolónak igazi jelentőségét.

Az ismertetésből azt láthatjuk, hogy a hidraulika területén a kutatás helyes felépítése a következő.

A jól megfogalmazott kérdés fizikai összefüggéseit felkutatva először elméleti úton kell keresni a megoldást. Ez a kutatás mindig logikusan felépített legyen és akármilyen nagy matematikai felkészültséggel dolgozunk is, soha se tévesszük szem elől az összefüggések fizikai jelentőségét. Kísérletek végzése a kutatások okvetlenül szükséges tartozéka, de a mérési adatok csak a fizikai, logikai és matematikai úton nyert eredmények igazolására szolgálnak.

Szakítani kell tehát azzal az eljárással, hogy a mérési eredményeket felrakva a mérési pontok geometriája alapján igyekezzünk matematikai összefüggéseket találni. Az ilyen összefüggések ugyanis, mivel nem a vizsgált jelenségek fizikai törvényszerűségein alapszanak, lehet, hogy jó eredményt adnak a kísérlettel vizsgált méretek környezetében, de legtöbbször nem általánosíthatók más méretben lefolyó jelenségekre.

Mégegyszer hangsúlyozni kívánom, hogy amellett a módszertani vonalon iránymutató jellege mellett a kutatás elvi eredménye, azaz a sík mederben rohanó és duzzasztott víz felszíngörbéjének egyenlete is igen nagyjelentőségű.

Az a tény, hogy *Mosonyi* vizsgálatainak eredményét szovjet kutatásokkal hasonlíthatja össze, egyáltalán nem jelenti azt, hogy járt úton haladt és kísérletei csupán egy már megoldott kérdés finomítására szorítkoznak. A két tanulmány, *Agroszkiné* és *Mosonyié*, szerintem, szervesen kiegészítik egymást. A szovjet tudós a felszíngörbének az alakjára minden megkötöttség nélküli, általános formulát ad. Ebből azután a különleges feltételeknek — mint a vízszintes fenék, rohanó mozgás — megfelelő értékek helyettesítésével kapjuk a keresett összefüggést. Mosonyi éppen erre a különleges esetre ad közvetlen fizikai alapon álló, könnyen kezelhető formulát.

A két eljárással nyert eredmény tökéletes egyezése mindkét megoldás helyességét igazolja és míg a most hallottak a különleges eset könnyű és gyors kezelhetőségét szolgálják, Agroszkin vizsgálatai az általánosabb esetek megoldását teszik lehetővé.

A hallottak gyakorlati felhasználásai közül nem kívánok kitérni az utófenék méretezésére. Ezt az építkezésben járatos kartársaim bizonyára részletesen méltatni fogják. Csupán annak a jelentőségére szeretnék rámutatni, amelyet az előadás az érdesség meghatározásánál jelent a vízépítési modellkísérletezés terén.

Az érdesség meghatározásához az eddigi gyakorlat szerint előkísérletek egész sorának végrehajtása szükséges. Hosszú, változtatható esésű csatornát kell készíteni elsősorban. A II. sz. Vízépítéstani Tanszék laboratóriumában pl. 10 méteres csatorna készült erre a célra. Igen sima anyagok érdességének meghatározásához azonban még ez is rövid, csupán a laboratórium méretei miatt kellett megelégednünk ezzel a hosszal. Ebbe a csatornába építjük be azután a vizsgálni kívánt anyagot, ami a csatorna teljes felületének burkolását jelenti. Az így előkészített csatornában elvileg permanens egyenletes sebességű vízmozgást kell előállítanunk, tehát biztosítanunk kellene, hogy az érkező vízmennyiség a fenékkel párhuzamos eséssel folyjék. Részben ennek a gyakorlatilag megoldhatatlan volta, részben pedig a mm rendű esés mérésének a bizonytalansága miatt szükséges, hogy többféle fenékesés mellett, többféle vízmennyiséget folyassunk különböző módon beduzzasztva úgy, hogy az esések a kívánt érték körül mozogjanak. Az így nyert adathalmazból azután kiegyenlítőszámítás elvégzése és interpolálás után kezdhetünk hozzá az érdesség számításához.

Ezzel szemben az új eljárás elvégzéséhez csupán egy a vízszintes fenekű üvegcsatornába beépíthető éles élű zsiliptábla szükséges, ami oktatási célból

a laboratóriumban úgyis kéznél van. A kérdéses anyaggal az üvegcsatorna fenekének egy rövid szakaszát kell csak burkolni, azt a részt, ami a zsilip és a vízugrás közé esik. Végül legnagyobb előnye kétségtelenül az, hogy a nehezen végrehajtható és pontatlan esésmérés helyett a feladatot a vízugrástávolság hosszának mérésére egyszerűsíti, ami könnyebben, gyorsabban és pontosabban hajtható végre. Így 3—4 mérés elvégzése elégséges ahhoz, hogy kiegyenlítést is végezhessünk.

A beruházási és anyagköltségen kívül tehát a munkaidőben mutatkozik igen számottevő megtakarítás, mivel mérnökök és laboránsok munkaidejét szabadítja fel. Számszerűen a megtakarított munkaidő a következőképpen becsülhető. Egy kísérlet beépítése a régi módszer szerint és annak lefolytatása — háromféle fenékesést, mindegyiknél három vízhozamot és vízhozamonként öt vízszintesést feltételezve, minimálisan négy munkanapot igényel, az eredmények kiértékelése pedig további két munkanapra becsülhető. Ezzel szemben az új eljárással véleményem szerint naponta két anyag érdességi vizsgálata is elvégezhető a fenékérdesség átépítésével együtt. Ez azt jelenti tehát, hogy az eddig egy hétig tartó munkát félnapra csökkenthetjük.

A kutatás eredményeinek méltatása után kérdést szeretnék az előadóhoz intézni.

Figyelemmel kísérve az elhangzott levezetést, láthattuk, hogy abban mind matematikai, mind fizikai elhanyagolások történtek.

Azt hiszem mindegyikünk előtt világos, hogy a közepes mélység $\left(m + \frac{dm}{2}\right)$ érték helyébe megengedett az m érték helyettesítése, tekintve, hogy utána nem véges, hanem elemi szakaszok összegezését, tehát integrálást hajtunk végre.

Nem ennyire világosan látható, de véleményem szerint gyakorlatilag megengedhető az az elhanyagolás, amit az előadó akkor végez, amikor a középsebességről a $\frac{Q}{F}$ értékre tér át az α — úgynevezett *Coriolis-féle* tényező — elhagyásával.

Kérdezem azonban, vizsgálták-e a számítások során, hogy milyen százalékos hiba adódik azáltal, hogy a hidraulikus sugár helyébe a vízmélységet helyettesítjük? Üvegcsatornában, ahol a kis súrlódású üvegfalak miatt végtelen szélességet tételezhetünk fel, ez a probléma természetesen nem merül fel, utófenekek méretezésénél azonban befolyásolhatja az eredményt.

Ehhez szorosan kapcsolódik második kérdésem. Üvegcsatornában ugyancsak nem jelentkezik az oldalfalak súrlódásának az a hatása, ami utófenekeknél a vízugrástávolságok hosszának megrövidülését eredményezi. Vizsgálták-e vajjon az oldalfalak felérdesítésével ennek a hatásnak a mértékét?

Végül köszönetet mondok az előadónak az igen értékes és érdekes előadásért, melyben a hidromechanika tudományát mind elméleti, mind módszertani vonalon előbbrevitte és melynek eredményei a gyakorlati életben is komoly hasznot jelentenek.

MAURER GYULA

Mint gyakorlati építőmérnöknek, nagy örömmel ragadta meg figyelmemet *Mosonyi* eljárása. Ugyanazokat a gondolatokat ébresztette bennem is fel, mint amelyeket Serf Egyed már elmondott. Mosonyi helyesen állapítja meg,

hogy a zsiliptáblánál a rohanó vízmennyiség felesleges energiáját a súrlódásnak kell felemésztenie. Az egyetlen megoldás, hogy ezt a felesleges energiát valóban fel is emésztjük. Régebben távolabbra tolták az energia megsemmisítését, nem törődve azzal, hogy ugyanazt a rombolást végzi el, csak nem a műtárgy közelében, hanem attól távolabb. A gyakorlatban bebizonyosodott, hogy ez nem helyes eljárás. Ma már az utófeneket méretezik olyan hosszúra, hogy azon a súrlódás felemésszе a felesleges energiát. Az utófenék hosszának megállapítása azonban csak találgatásra volt bízva. A siófoki zsilip utófenekét pl. minden évtizedben újra kellett építeni emiatt. Hogy milyen hosszúra kell az utófeneket a megfelelő érdesség arányában átépíteni, azt nem lehet érzéssel megállapítani, hanem ki kell számítani. Az eddigi módszerek hosszadalmasak voltak és csak gyakorlott hidraulikusok tudták tűrhetően rövid időn belül megoldani. Reméljük, hogy Mosonyi módszerének a gyakorlatban való átültetése és a különböző betonok általa ismertetett kikísérletezése ezzel az eljárással megadja azokat az együtthatókat, amelyeknek birtokában a gyakorlati tervezők megtervezhetik a megfelelő utófenekeket.

KERTAI EDE

A gyakorlati tervezőnek azzal az érdeklődésével kísértük figyelemmel *Mosonyi Emil* előadását, amelyet mindig felébreszt a kutató a tervezőben, amikor elméleti kérdések vizsgálatánál megmutatja azt az utat, amely a tudományos eredmények gyakorlati alkalmazása felé vezet.

A vízugrástávolság számítására szolgáló képlet felállítása csak kis, de igen jelentős hidrodinamikai probléma minden részletében kifogástalanul megindokolt megoldása volt. A kérdés elméleti vonatkozásához nem kívánok hozzászólni, mert arra nem vagyok hivatott. Kétségtelen tény, hogy a felületi érdesség meghatározása a kismintakísérleteknél hosszú időn keresztül hosszadalmas előkészületeket igényelt. A *Mises-féle* ellenállási törvény alapján *Szily József* majd később az ő nyomán *Kovács György* számítási módszert dolgozott ki, amelyek már feleslegessé teszik ezeket az előkísérleteket. A *Mosonyi-féle* képlet most lehetőséget nyujt arra, hogy igen egyszerű és gyorsan végrehajtható kísérlettel a vízugrás alapján határozzuk meg a kisminta érdességét.

Természetesen, közvetve a tanulmánynak ez az eredménye is érinti a tervezőt. Én azonban elsősorban abból a szempontból értékelem a tanulmányt, ahogyan az a tervezés vonatkozó területére közvetlenül kihat. Ebben a tekintetben az előadásból két lehetőséget olvastam ki. Az egyik, amire a felállított képlet egyenesen vonatkozott: utófenekek méretezésének egyik láncszemét adja. Gondolok itt elsősorban arra, hogy a *Mosonyi-képlet* a vízugrás egyik, eddig még nem kellően feltárt szakaszára ad összefüggést. De ezen túlmenően az érdesség és a vízugrás távolsága között fennálló kapcsolat alapján lehetőség van érdesebb felületek kiképzésével az utófenék hosszát csökkenteni.

Ha nem tévedek, ennél azonban nagyobb jelentősége van annak, hogy segítségével a tervezendő műtárgy érdességi viszonyait lehet igen jó eredménnyel előre meghatározni. Ezzel számottevő segítséget nyujt a tervezőnek az érdességi tényező felvételénél egyes fontos méretezéseknél, ahol egyébként táblázatra van utalva. A táblázat ugyanis arra az anyagra nézve, amire vonatkozik, valóban elfogadható értéket ad, csak éppen az alkalmazott anyag hovásorolását bízza a tervezőre. Csatornák méretezésénél ilyen alapon elkövetett hiba szomorú eredményét már volt alkalmunk tapasztalni.

Végül, de nem utolsósorban a tanulmányt a jövő távlatban is sokra kell becsülni. A helyzet ma az, hogy a bonyolult háromdimenziós áramlási kérdések vizsgálatánál a kismintakísérlet nélkülözhetetlen. De ahogyan a vasbetonkísérletek aránylag rövid idő alatt olyan számítási eljárásokat eredményeztek, amelyek a kísérleteket tervezési szempontból már nélkülözhetővé tették, remélhető, hogy a vízépítési tervezésben ma még csak főleg kis műtárgyakra alkalmazható számítási módszerek általánosan használhatók lesznek.

KARÁDI GÁBOR

Az előadó által javasolt képlet kiindulása azonos az általunk ismert

$$I = \frac{v^2}{c^2 R} + \frac{d}{dx}\left(\frac{v^2}{2g}\right)$$

alapegyenlettel.

Ugyanis az energiamagasság útmenti változása

$$\frac{dH}{dx} = \frac{dm}{dx} + \frac{d}{dx}\left(\frac{v^2}{2g}\right) = I + \frac{d}{dx}\left(\frac{v^2}{2g}\right).$$

Viszont

$$\frac{dH}{dx} = \frac{v^2}{c^2 R},$$

tehát

$$\frac{v^2}{c^2 R} = I + \frac{d}{dx}\left(\frac{v^2}{2g}\right).$$

Az egyenletet rendezve

$$I = \frac{v^2}{c^2 R} - \frac{d}{dx}\left(\frac{v^2}{2g}\right).$$

A negatív előjel azért került be, mert az előadó által tárgyalt esetben az úthossz növekedésével a sebesség csökken.

NÉMETH ENDRE

Mint műegyetemi professzort a legnagyobb örömmel tölt el ez az előadás és az elhangzott hozzászólások. Az előadás bizonyítja, hogy *Mosonyi* személyében olyan tudóst tüntettek ki a műegyetemi magántanári címmel, aki azt valóban meg is érdemli.

A hozzászólások alatt a Műegyetemről alig kikerült fiataljaink olyan biztonsággal és tudással fejtették ki nézeteiket, sőt párperces levezetésben, hirtelen meglátással fejlesztették tovább a problémát, ami megnyugvást kelt bennünk a jövő mérnökgárdájára vonatkozólag. Büszkék vagyunk arra, hogy a Műegyetemről ilyen fiatalok kerülnek ki és nevelő munkánk nem hiábavaló.

MOSONYI EMIL válasza

Az előadásomhoz elhangzott hozzászólások számomra igen tanulságosak voltak, s amikor ezért minden hozzászólónak köszönetet mondok, legyen szabad egyidejűleg néhány fontosabb megjegyzésre és javaslatra részletesebben kitérni.

Pattantyus A. Géza professzor felhívta a figyelmet a kísérletek továbbfolytatásának szükségességére, ami többfelől is elhangzott javaslat.

Párhuzamot von a zárt csövekben áramló és a csatornákban szabadfelszínnel folyó víz mozgásjelenségei között. Ezzel kapcsolatban a vizsgálati analógiának igen szellemes példáját mutatta be a csatornában keletkező lökéshullám meghatározására.

Pattantyus professzornak az »eredő rugalmassági modulus« számításán alapuló eljárása igen sok gondolatot ébreszt a további munkához.

Szilágyi Gyula professzornak köszönetemet fejezem ki azért, hogy laboratóriuma üvegcsatornáját hosszú időn át rendelkezésre bocsátotta kísérleteimhez. Szilágyi professzor a mozgómedrű kisminták vizsgálatára hívja fel a figyelmet. Úgy vélem, valóban helyes volna kiterjeszteni a kísérleteket erre a kutatási területre is.

Serf Egyed a nagy gyakorlatú mérnök szemszögéből nézve gazdaságossági oldaláról világítja meg a kérdést. Hozzászólása alapján azt a kérdést terjesztem az Akadémia elé, hogy az illetékes hatóságok hozzájárulásával valamely üzemben lévő öntözési, vagy belvízi kis műtárgyon, mintegy nagyméretű modellen, folytathassam a kísérleteket. Ennek előkészítésében és megvalósításában éppen Serf Egyed segítségét is kérnem kell.

Bogárdi János ötletes módon vezette le a képlet igazolását más fogalmazásból kiindulva. Felhívja a figyelmet arra, hogy érdemes volna mélyebben foglalkozni azokkal az érdességi tényezőkkel, amelyek a *Reynolds*-számot is kifejezésre juttatják. Az ilyenirányú vizsgálatokkal valóban szándékozom még a továbbiakban foglalkozni.

Maurer Gyula hozzászólásával kapcsolatban megjegyzem, hogy a különböző utófenék-elrendezések 2 főcsoportra oszthatók: ezek az energiamegsemmisítők és vízsugárterelők. Ezeket élesen szét kell választani, főleg a hazai viszonyok tekintetében, mert a laza mederanyagok esetében fontos, hogy a fölös energiát teljesen megsemmisítsük. Maurer megjegyzéséből is megint felmerül annak szükségessége, hogy nagyméretű modellkísérletet végezhessünk.

Kovács György rámutatott arra, hogy az érdesség meghatározása nehézséget okoz laboratóriumi előkísérleti csatornában, mert ebben a permanens egyenletes vízmozgást igen szabatosan kell előállítani. A javasolt kísérletnél is elő kell állítani ugyan, de csak nagyjából és nem szabatosan, ami nagy horderejű különbség. A javasolt kísérlettel tehát Kovács véleménye szerint a nehezen mérhető mennyiségek, ill. csak bizonytalanul beállítható jelenségek felhasználását kikapcsoltuk. Munkaidőmegtakarításra vonatkozó álláspontja arra késztet, hogy válaszom végén összefoglaló javaslatot tegyek.

Helyesen mondja, hogy a hidraulikus sugár helyett a valóságban nem lehet a mélységet venni. Ez egyelőre a biztonság javára szolgál, mert ha az oldalsúrlódás lefékezi a mozgást, a valóságban közelebb fog keletkezni a vízugrás, mint a modellben. Ennek a kérdésnek a vizsgálata miatt is sürgős a nagy modell beállítása, mert azzal jelentős adatokat kapnánk a modellfalak hatására vonatkozólag.

Kertai Edének a tudományos eredmények gyakorlati alkalmazhatóságával kapcsolatban tett hozzászólására meg kell jegyeznem, hogy ezzel ötletet adott ahhoz, hogy az érdességet is lehet tervezni. Legyen tehát a felületi érdesség is olyan hidraulikai tényező, amit egyes esetekben a jövőben tervezni fogunk.

Karádi Gábor a javasolt képlet levezetésénél alkalmazott kiindulás helyességét igazolja és ezzel rámutat arra, hogy a sebességmagasság megváltozása, azaz a $\frac{d}{dx}\left(\frac{v^2}{2g}\right)$ tag a levezetésben nincs elhanyagolva.

Németh Endre professzor hozzászólásában kiemelte, hogy a Műegyetem munkája az ülés keretében mennyire kidomborodik. Németh professzor saját előadásában is olyan kérdést vizsgált, amelynek további kutatásában, tehát a különböző méretarányú *Venturi-csatornák* kísérletezésénél szerepe lehet az érdesség különböző fokozatú megállapításának. További kísérleteimnél azt az utat szeretném követni, amit Németh professzor kitűzött, azaz több méretarányú modellen elvégezni a kísérleteket.

Több hozzászólásból felmerült a kérdés, nem kívánom-e az eljárást finomítani az ú. n. Coriolis-tényező figyelembevételével. Németh professzor rámutatott, hogy ez rohanó vízmozgásnál nem lényeges. Valóban a

$$\frac{\frac{1}{F}\frac{1}{2g}\int\int [v(x,y)]^2\,dx\,dy}{\frac{1}{2g}\left[\int\int \frac{v(x,y)}{F}\,dx\,dy\right]^2} = \frac{1}{F}\frac{\int\int [v(x,y]^2\,dx\,dy}{\left[\int\int v(x,y)\,dx\,dy\right]^2}$$

kifejezés főképpen az áramló vízmozgásoknál ad az egységnél figyelemreméltóan — 5-10%-kal — nagyobb értéket.

Ennek ellenére szándékozom foglalkozni ezzel, valamint egyes másodrendűnek nevezhető tényező vizsgálatával, hogy az eljárást tovább lehessen finomítani. Egyelőre nem volt megokolt olyan tényezőkkel foglalkozni, amelyek nagyságrendben a jelenlegi mérési hibák nagyságrendjével megegyeznek.

Még az is közelítés a vizsgálatokban, hogy a beszűkülés Agroszkin közelítő feltevése szerint ugyanakkora távolságban áll elő, mint amekkora a zsilipnyitás. Ez a közelítés a finomabb vizsgálatoknál már nem lesz kielégítő.

Nem lehet a vízugrást elég pontosan mérni, mert a falak kihatását mélyebben nem vizsgálhattuk meg, azonkívül a felhasznált üvegcsatorna kialakításában pontatlanságok vannak.

Az elhangzott hozzászólások felbátorítanak arra, hogy *az Akadémia támogatását kérjem olyan kísérleti berendezés készítéséhez*, amelynek segítségével szabványosítani lehet az érdesség mérését.

Köztudomású, hogy minden erőfeszítés ellenére *sem sikerült* a kutatóknak a hidraulikai felületi érdességet egyszerűen és egyértelműen visszavezetni a felület durvaságát kifejező *egyenetlen méret* megállapítására. Az érdesség nem az elemi részecskék kiemelkedése, hanem az az egész anyag hullámosságától, a kiemelkedések és hullámok sűrűségétől, alakjától és élességétől, stb. függ. Szabatos meghatározására addig nem is gondolhatunk, amíg egységes módszert nem alkalmazunk. Meg kell határozni az üvegcsatorna méreteit, s meg kell szabni pontosan, hogy honnan mérjük a vízugrás-távolságot. Ha a berendezést és a mérés feltételeit egységesen állapítanánk meg, akkor teljesen egyértelműleg lehetne irodalmilag is összehasonlítható érdességet megállapítani.

A TALAJOK HŐ- ÉS VÍZGAZDÁLKODÁSÁNAK ÚJABB, A GYAKORLAT RÉSZÉRE FONTOS TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEI

KREYBIG LAJOS levelező tag

Hazai éghajlatunk és időjárási körülményeink között a talajok hő- és vízgazdálkodási sajátsága általában is, de különösen a gyakorlati növénytermesztés szempontjából, *a legfontosabb tényező*, mert ez szabja meg alapvetően *a talajok művelésének eszközeit és módját.*

E tétel szabatos bizonyítékát különösen azokkal a terméseredmény-különbségekkel lehet megadni, melyeket aszályos, vagy túl csapadékos időjárások esetében az időjárás, a talajadottságok és tulajdonságok, valamint az alkalmazott agrotechnikai módok figyelembevételével *okaikra nézve megvizsgálunk és elemezünk.*

Különösen jó alkalom nyílott erre az 1947. évi rendkívülien meleg és aszályos tenyészidőalatti időjárás, figyelembevéve, hogy az 1946. évi őszi csapadékok elegendő mélységekig benedvesítették a talajokat. Ilyen adottságok mellett kitavaszodáskor, a valóban helyes és okszerű agrotechnikai módok alkalmazásával, megfelelő vízraktározó-képességű talajokon feltétlenül a jó közepest meghaladó termésekre lehet számítani, még abban az esetben is, ha rendkívül kedvezőtlen meleg és aszályosnak ítélt időjárás következik. Ez tényleg be is következett, mert mindazokon a területeken, ahol a talajok vízgazdálkodása jó volt és ahol a talajok kultúrállapotát az észszerű használat, művelés és trágyázás következtében kielégítőnek mondhattuk, a termés a legszélsőségesebbnek nevezhető forró és száraz tavaszi és nyári időjárás ellenére sem volt rossz.

Mindezekre nézve szabatos talajfelvételi és vizsgálati, valamint növényfejlődési és termésadatok alapján megállapítható volt, hogy az 1947. évi termések egyező természetadta termékenységű talajokon is, kat. holdankint, néha egészen közel egymáshoz, búzában kb. 19 és 1 q között, tehát rendkívül erősen ingadoztak. Kiegyenlítettebbek voltak a korábban lekerülő rozsban és ősziárpában. Martonvásáron az Agrártudományi Egyetem erdőháti tangazdaságában pl. az ősziárpa *Sedlmayer Kurt* által nemesített »Beta« fajta 1363 kg-ot, másutt a környéken pedig csak 400—600 kg-ot adott. Az egyéb ősziárpafajták erős fagykárt szenvedve, helyenkint megsemmisültek, vagy csak két-három mázsát termettek. A cukorrépa termése 160 és 30 mázsa, a kukoricáé csövesen pl. két mesgyés szomszédnál, az egyiknél közel három szekér, kb. 25 q, a másiknál pedig alig érte el a 200 kg-ot kat. holdankint. Éppúgy az egyéb növényeknél is, igen nagy terméskülönbségek voltak megállapíthatók az egész ország területén. Különösen rosszak, sőt katasztrófálisak voltak az északi dombvidék tájain, ahol búzában

helyenkint elvétve a holdankinti 15—16 mázsa mellett 200 kg-on aluli termés adódott.

Szemmelláthatóan, már egyszerű szubjektív módon megítélhető volt, hogy a legtöbb helyen, ahol a termés katasztrófálisan kicsi volt, a talajok 25—30 cm mélységben lefelé *aratás után még bőven tartalmaztak nedvességet*, sőt sokhelyen, ahol egyáltalában növényzet nem termett, pl. a szekerek által összetömött, keményre száradt mezei utak alatt, ezeket csákánnyal feltörve, 25—30 cm mélységtől lefelé, lassankint sárossá vált a föld. Éppúgy megállapítható volt az is, hogy ahol kedvező volt a termés, ott a talaj, a gyökerek lehatolási mélységéig teljesen ki volt száradva.

Voltak azonban olyan helyek is, ahol tényleg aszálykárt kellett megállapítani. Ezeket csak ott találtam, ahol az 1946. évi őszi esőzések szolgáltatta víz, valamilyen ok miatt nem jutott bele a talajba.

E megállapításokból következik, hogy a *katasztrófális* kis terméseknek nem az aszályos időjárás az oka, hanem amint azt bizonyítani sikerült, *a talajok víz- és hőgazdálkodását nem ismerő, vagy helytelen megítélés következtében hibásan alkalmazott agrotechnikai módban kell keresnünk.*

Az 1947. évi terméseredményekből tehát kitűnik, hogy hazánk időjárási körülményei között aszálykárokról a szó tulajdonképpeni értelmében csak akkor volna szabad beszélni, ha az ősz-tavasz közötti időszakban, a lehulló csapadékmennyiség nem elegendő arra, hogy a talajokat a növényi gyökerek lehatolási mélységéig megfelelően megnedvesítsék és a tenyészidő alatt is szárazság uralkodik.

Különösen látszott ez ott, ahol a magot porhanyó száraz földbe vetették. Az ilyen helyeken a vetések igen ritkák voltak, a kikelt magvak fejlődése rövidesen megakadt és a termések rosszak voltak. Hogy mennyire szem előtt kell tartanunk az agrotechnika alkalmazandó módját azt a legjobban láttuk a kukoricánál, ahol a két mesgyés szomszéd közül az egyik istállótrágyázott, ősszel mélyen szántott, rendkívül porhanyó morzsás földbe vetett és termése katasztrófálisan rossz lett, míg a másik csak tavasszal szántott és eke után a barázdába, nedves alapra szórta a magot és igen jónak mondható termést kapott. Itt tehát az általánosított szabályokkal teljesen ellenkező eredmény állott elő, mert a vetésnél a vízgazdálkodási adottságokat nem vették figyelembe.

Talajaink termékenységét és kialakításának módját mindenkor két szempontból kiindulva kell elbírálnunk és megállapítanunk. Az egyik a »*természetadta*« a másik pedig a »*tényleges*« termékenység.

A talajok »*tényleges*« termőképességét mindenkor a cél- és okszerű emberi behatások alakítják ki, azaz azok, amelyeket a talaj használatában, művelésében, trágyázásában stb., tehát az *agrotechnikában* követünk. Ha a gyenge természetadta termékenységű talajt okszerűen használjuk, műveljük és trágyázzuk és a növénytermesztési egyéb követelményeknek is eleget teszünk, akkor az *sokkal termékenyebbé válhat, mint egy kitűnő természetadta termékenységű talaj,*

melynél azonban az agrotechnikában hibákat követünk el. Rossz föld tehát nincs, csak rossz termelő és dolgozó van. Igazolják ezt *Viljamsznak* a korlátlan termésekkel kapcsolatos tanai és a Szovjetunióban végrehajtás alatt álló *sztálini* természetátalakítási munkálatok eredményei, sőt nálunk is egyes helyeken a sajnos csak ritkán tapasztalt egészen kimagasló termések.

Az eredményes agrotechnikai módok megállapításának előfeltételei egyrészt a talajok *hő-vízgazdálkodási és tápanyagszolgáltatási törvényszerűségeinek ismerete,* másrészt pedig a kísérleti és a terméskülönbségek *okainak elemzése és megállapítása.* E tekintetben az utolsó évtizedben végzett kutatások a régi nézetekkel szemben mélyreható ellentétes megállapításokra vezettek.

Hazánk sajátos éghajlati, időjárási és talajviszonyait mérlegelve, agrotechnikai tekintetben *elsősorban a talajművelési és vetési módozatok a fontosak.* Minden gyakorlati gazda tudja, hogy a kielégítő termésnek a valóban helyes és jól sikerült talajművelés és vetési munka az alapja.

Bár nem vitatható, hogy az okszerű talajhasználat, tehát az, hogy milyen növényeket és milyen fajtákat, milyen sorrendben termesszünk, valamint mikor, miképpen, mivel és milyen mennyiségben trágyázzuk *a talajt vagy kiegészítésül a növényt, döntő fontosságú* agrotechnikai tevékenységek, mégis *a talaj művelése szabja meg e tevékenységek és szükségszerűségek érvényesülésének lehetőségét és eredményességét, mert a művelés biztosítja azokat a feltételeket, melyeket az egészséges talaj- és növényélet megkíván.* Mikéntjét pedig egyebek között a talaj hő- és vízgazdálkodása *döntően befolyásolja.*

A talajművelés legfontosabb feladata egyebek között, *olyan talajállapot biztosítása, amely a csírázást, a vízgazdálkodást és a gyökérfejlődést a legnagyobb eredménnyel szolgálja.* E cél érdekében a talajnak tartósan morzsalékossá kell lennie, mely talajállapot kialakulásában *a talajbiológiai tényezők érvényesülése alapvető. Tehát a talajművelés célja lényegileg olyan biológiai állapot létesítése a talajban, melyben a hasznos élettevékenységek eredményesen folyva a talajmikrobák és növények víz- és táplálóanyag, valamint hő- és fényigényeit akadálytalanul kielégítik.* Mindezeket csakis a biológiailag beéredett talaj biztosítja.

Ezeknek a követelményeknek — amint már mondottam — csak akkor tudunk okszerűen megfelelni, ha a talajok hő-, víz- és táplálóanyaggazdálkodásaink törvényszerűségeit ismerjük. Messzire vezetne, ha ezeket itt részletesen ismertetném. Megtettem ezt A Mezőgazdasági Könyv- és Folyóirat Kiadóvállalat által kiadott »*Gyakorlati trágyázástan*« és »*A talajok hő- és vízgazdálkodása*« című munkáimban, miért is itt csak a gyakorlatilag legfontosabb tulajdonságokra és tényezőkre térek ki.

A talajok vízgazdálkodásában gyakorlatilag legfőképpen a *vízkapacitás, a vízvezetés és vízleadóképesség* érvényesülnek. Abból a célból, hogy ezeket a tulajdonságokat meg tudjuk állapítani, olyan vízgazdálkodási tulajdonságokat kellett keresnünk, amelyek számszerűleg is betekintést adnak *a talaj anyagi vízgazdálkodásába* és természetesen gyakorlatilag hasznosíthatók.

A tanulmányok, melyeket ezirányban folytattunk, két olyan értéket szolgáltattak, amelyek a célnak a nem szikes, nem magnéziás és a nem túl nagy mennyiségű szerves anyagot tartalmazó talajokban gyakorlatilag megfelelnek.

Az egyik a talajok *higroszkóposság*a, mely a talaj *anyagi* vízkapacitásával, a másik pedig a szakszerűen meghatározott *ötörás kapilláris vízemelőképessége* a talajnak, mely viszont rendes körülmények között a vízvezetőképességgel *gyakorlatilag* hasznosítható összefüggésben van.

Tekintettel arra, hogy a talaj higroszkóposságának a meghatározása körülményes, helyette a vele a

$$Hy = 2{,}2\ hy\ (\pm\ 0{,}4)$$

képlet szerint arányos, könnyen és gyorsan meghatározható, gyakorlatilag jól hasznosítható a *Kuron*-féle higroszkóposság értéket, a *légszáraz talaj anyagilag kötött nedvességét, a* »*hy*« értéket használhatjuk, mellyel iránytadóan kb. a következő összefüggések fejezhetők ki:

a talaj *agyagtartalma* $\sim (10\ hy)\%$;

a talaj anyagi vízkapacitása $\sim (8\ hy)$ súlyszázalék;

a talaj anyagi hasznosítható vízkapacitása $\sim (4\ hy)$ súlyszázalék, tehát kb. a fele a vízkapacitásnak és ha a talaj térfogatsúlyát köbméterenként átlagosan 1500 kg-nak vesszük, a talajban térfogatszázalékban, vagy mm csapadékmennyiségben kifejezve a súlyszázalékban megállapított értéket 50%-kal emelnünk kell.

Éppúgy, mint a *hy* érték, a talajnak »*Arany*« szerint megállapított »kötöttségi értéke« is jó betekintést ad a vízkapacitásba.

Egyébként a *hy* értékből a kötöttségre is következtethetünk. Gyakorlatilag a »2« alatti *hy* értékű talajok a homokok, a »2—4« közöttiek a vályogok, a »4« fölötti *hy* értékűek az agyagok.

Az anyagi vízkapacitásnak a *hy* érték alapján megállapított értékei, bár tudományosan kifogásolhatók, gyakorlatilag, amint látni fogjuk, az eddigi tapasztalatok szerint, bizonyos kivételektől eltekintve, jól megfelelnek.

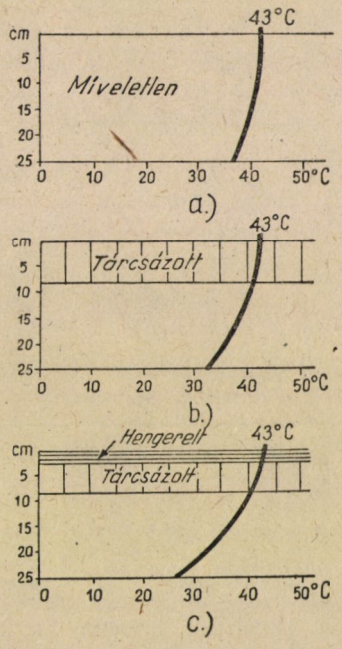
A vízkapacitási értékek egyszerű és gyors megállapíthatóságával szemben *a vízvezetőképesség* elbírálása nagyobb nehézségeket okoz. Régebben — sokan még ma is — a vízmozgást a talajban általában a kapilláris mozgással magyarázták és nem vették tekintetbe, hogy a kapilláris mozgás csak a kapilláris méretű hézagokban és ezekben is csak szűk határok között és csak akkor lehetséges, ha több víz van a talajban, mint amennyi a vízkapacitási értéknek megfelel.

A tudományos kutatások a régi kapilláris vízmozgási elméletekkel szemben megállapították, hogy *okszerű agrotechnikai módok alkalmazása esetében a vízmozgás a talajban lényegileg a kapilláris elmélettel ellentétes diffúziós jelenség, amelyet az ozmózis nyomáskülönbségek, a duzzadás és súrlódás kormányoznak, néha pedig a kapillaritás befolyásol.*

A vízmozgás a talajban tehát függvénye a talajhézagok méreteinek a talaj morzsalékossági viszonyainak és állapotának, továbbá természetesen a növényi gyökerek hatásainak. De lássuk, hogy milyen befolyást gyakorolnak a talaj hőmérsékletére és nedvességtartalmára a különféle művelési módok.

A művelés mikéntjének befolyása a talaj hőfokára azokból a mérési eredményekből látható, melyeket a *Manninger*-féle taljművelési mód szerint tárcsával, henger nélkül és hengerrel művelt, valamint műveletlen borsótarlón, hat nappal az aratás után, thermoelemmel igen nagy számban végeztünk.

A műveletlen részen a hőmérséklet a felszíni 43 C°-ról 25 cm mélységben átlagosan 37 C°-ra csökkent, míg a tárcsával művelt parcellán a hőmérséklet



1. ábra

25 cm mélyen átlagosan 32, viszont a tárcsázott és hengerelt parcellán átlagosan 27 C° volt. (Lásd az 1. ábrát.)

Látjuk tehát, hogy a *Manninger* szerinti művelési módnál alkalmazott tárcsa és henger esetében a talaj 25 cm mélyen 16 C° különbséggel maradt a leghűvösebb és így ennél a művelési módnál következhettek be a legkisebb párolgási veszteségek. A talaj tehát nemcsak nedvesebb maradt, hanem a harmatképződést is biztosította. Ezzel egyidejűleg a mikroszervezetek optimális fejlődéséhez és tevékenységéhez szükséges hőfokot sem lépte túl. Mindezt majd az *V. táblázat* adataiból is látni fogjuk.

Nagyobb hőmérsékletkülönbségeket mérhetünk a talajokban a különféle növények alatt is, amint azt az *I. táblázat* adatai mutatják.

I. TÁBLÁZAT

Hőmérsékletadatok különféle növények alatt, éjjeli és nappali középértékben (Kreybig—Bajai adatai) C°-ban 1948. július elején

Növény	A talajfelszín felett 5 cm magasan		A talajfelszínen		15 cm mélyen	
	éjjel	nappal	éjjel	nappal	éjjel	nappal
Cukorrépa	16,8	28,7	19,1	33,0	22,0	23,0
Burgonya	18,4	29,8	21,5	37,5	22,5	23,5
Bükkönyös búza	17,0	31,10	19,2	34,0	21,8	22,10
Búza	16,5	32,3	18,6	35,4	23,1	23,8
Növényzet nélkül	18,2	30,20	21,6	39,9	25,9	26,5

Látjuk a számadatokból, hogy a különböző növények a talaj hőmérsékletére különböző mértékben hatnak és hogy a nappali és éjjeli hőmérsékletek között a mérési időszakban igen nagy különbségek állanak elő, tehát a harmatképződést is nagyban befolyásolhatják.

Megállapítottuk továbbá, szintén 1948. július elején a növényzet nélkül, sarabolással kb. 5 cm mélyen lazított és műveletlen tömött talaj hőmérsékletét is. Az adatokat a *II. táblázatban* mutatom be.

II. TÁBLÁZAT

Hőrmérsékletadatok művelt és műveletlen talajon

1948. július eleji időszak

(Kreybig—Bajai)

	5 cm mélyen sarabolva napi átlag C°-ban	Műveletlenül tömötten C°
Talajfelszínen	33,5	33,2
5 cm mélyen	28,4	32,1
15 cm mélyen	26,9	27,9
25 cm mélyen	24,4	26,5

Az adatok kifejezetten mutatják, hogy a felszíni réteglazítás a mélyebb rétegek felmelegedését gátolja.

Hogy a különböző mélységekben lazított talajból mennyi a hőmérséklet-különbözet eredményeképpen előálló párolgási veszteség, több éven át *Eser* vizsgálta (lásd a *III. táblázatot)*. Nálunk viszont *Szabados András* végzett erre nézve értékes és bizonyító vizsgálatokat.

III. TÁBLÁZAT

Párolgási veszteségek Eser szerint

(A műveletlen talaj párolgási vesztesége = 100%)

Műveletlen talaj	100 %
2 cm mélyre sarabolva	34,3%
4 cm mélyre sarabolva	25,1%
6 cm mélyre sarabolva	17,5%
8 cm mélyre sarabolva	12,0%

A talajok nedvességtartalmának összefüggését a hőmérsékleti viszonyokkal a *IV. táblázatban* feltüntetett nedvességtartalomadatok is mutatják, ha azokat az I. táblázatban foglalt hőmérsékletadatokkal együttesen értékeljük.

IV. TÁBLÁZAT
A talaj nedvességtartalma különféle növények alatt
(Martonvásár—Erdőhátpuszta)

cm mélyen	Répa		Burgonya		Növényzet nélkül			
					sarabolva		műveletlenül	
	száraz	eső	száraz	eső	száraz	eső	száraz	eső
	utáni időjáráskor 1948. június végén és július elején, nedvesség m/m csapadékban							
0	4,13	22,07	3,30	18,4	2,6	17,5	2,76	22,70
10	7,80	18,34	9,13	18,70	14,85	17,60	11,13	18,34
20	8,19	19,96	10,01	19,0	13,18	17,60	11,83	19,96
30	12,38	12,43	10,06	15,0	13,85	17,30	10,82	12,43
40	8,74	11,37	10,31	11,7	14,04	15,70	9,87	11,37

Különösen értékes eredményt kapunk a talaj vízgazdálkodásáról, ha a IV. táblázatban súlyszázalékosan megadott értékeket térfogatszázalékokra számítjuk át. Ezeket a IV/A táblázatban mm csapadékokban 10 cm vastag rétegenkint és összegezve 40 cm mélységig adom meg.

IV/A TÁBLÁZAT

cm mélyen	Répa		Burgonya		Növényzet nélkül			
					sarabolva		műveletlenül	
	száraz	eső	száraz	eső	száraz	eső	száraz	eső
	utáni időjáráskor 1948. június végén és július elején, nedvesség m/m csapadékban							
0—10	8,94	30,3	9,3	27,7	13,07	26,3	10,4 •	30,7
10—20	12,0	28,6	14,3	28,2	21,00	26,4	17,2	28,6
20—30	15,4	24,3	15,07	25,5	20,21	26,2	17,0	16,2
30—40	15,7	17,4	15,3	19,9	20,80	24,7	15,5	17,8
Összesen	52,04	101,0	53,97	101,3	75,08	103,6	60,1	93,3

(Anyagi vízkapacitás 8 *hy* ≅ 8 • 2,2 ≅ 17,6% ≅ 26,4 mm 10 cm-enként)

Erősen mutatkoznak a párolgási veszteségek a növényzetnélküli műveletlen helyen mind a száraz, mind az eső után mért adatokban, de látjuk a növényzet által elfogyasztott vizet a száraz időben mért adatokból is, ha ezt a száraz sarabolt adattal összehasonlítjuk. A legkiegyenlítettebb a talajszelvény víztartalma a növényzetnélküli sarabolással művelt helyen. A nedvességtartalmakat július elején az esős idő utáni déli órákban mérve látjuk, hogy a sarabolt területeken a nedvességeloszlás 40 cm mélységig egyenletes, míg a répa, burgonya és műveletlen, növényzetnélküli helyeken a felszínen a víz kapacitáson felül van, sőt a műveletlen helyen a beázás csak sekélyen bekövetkezve a párolgási veszteség elég nagy volt. A burgonya alatt a répa alattiakkal szemben némileg kedvezőbb a helyzet, ami azzal magyarázható, hogy a burgonya töltögetését éppen az eső előtt végezték, tehát a víz gyorsabban a mélységbe jutott.

A Földművelésügyi Minisztérium Termelési Főosztálya az 1948—49. évre tíz gazdaságban, közte Martonvásáron, talajművelési összehasonlító kísérletek beállítását rendelte el abból a célból, hogy a *Manninger*-féle nyári sekélyművelés és hengeralkalmazás hatását tanulmányozzuk. Ezekkel a kísérletekkel kapcsolatosan az 1948. év nyarán végzett különféle talajműveléseknek a talaj nedvességtartalmára gyakorolt hatását tettem tanulmány tárgyává. Az eredményeket az *V. táblázatban* közlöm.

V. TÁBLÁZAT

Nedvességtartalom-változások a martonvásári talajművelési kísérletekben

Mélység cm	A borsótarló művelési módja, nedvességtartalom %-ban és mm csapadékban												Lucerna alatt % VIII. 27.
	T. VIII 27	B. IX 6	H. IX 9	T. VIII. 27	B. IX 6	IX 9	Sz. VIII 27	B. IX 6	H. IX 9	Sz. VIII 27	B. IX. 6	IX 9	
0—5	2,6	2,5	2,9	2,5	2,9	2,9	2,9	3,0	3,4	2,9	2,9	2,9	2,0
5—10	10,0	9,3	10,5	6,3	10,4	9,2	10,9	11,4	7,4	4,0	9,6	11,4	5,7
10—20	13,5	15,5	11,5	12,2	11,0	10,6	11,7	8,4	13,3	7,0	8,2	11,0	7,5
20—30	14,3	13,6	12,9	13,2	11,3	9,6	11,6	13,1	15,0	13,0	10,4	9,5	7,1
Átlag %	10,1	10,2	9,4	8,7	8,6	8,0	9,8	8,9	9,0	6,9	7,7	8,7	5 4
5-30 cm-ig mm csap.	56,7	57,9	52,3	48,0	48,9	43,9	54,3	49,3	53,5	37,2	42,3	47,8	29,7

T. B. H. Tárcsával, boronával és hengerrel művelve
T. B. Tárcsával és boronával művelve
Sz. B. H. Szántva, boronálva és hengerelve
Sz. B. Szántva és boronálva

A vizsgálati adatokból megállapítható, hogy ebben a talajművelési kísérletben a *Manninger* által javasolt sekély művelési mód a hengerrel *a talaj nedvességtartalmára kedvezően hatott.* Ez a vizsgálatsorozat is tehát a hőmérséklet-vizsgálati adatokkal párhuzamos eredményeket adott. Így nem vonható kétségbe, hogy vízgazdálkodási szempontból *a talajművelés egyik igen fontos célját a talajhőmérséklet szabályozásában kell megállapítanunk.*

A hőmérséklet- és a nedvességtartalom-mérési eredményekből tehát kifejezetten az is látszik, hogy a *henger helyesen alkalmazva nem hozza fel a vizet, amint ezt eddig hangoztatták, hanem a párolgási veszteségeket csökkenti.* Mindezeket legújabban évtizedes tapasztalatokkal *Westsik* »Laza homoktalajok okszerű művelése« című munkájában szintén igazolja.

Az újabb tudományos kutatások azt a régen vajúdó és sokat vitatott kérdést is tisztázták, hogy melyek *a talaj beéredésének, a tartós rögszerkezet kialakulásának,* valamint a talaj kifogástalan tápanyagszolgáltatóképességének a kolloid-kémiai és biológiai feltételei.

Ezzel a kérdéssel kapcsolatosan azonban fel kell hívnom a figyelmet arra, hogy talajfelvételeink folyamán több olyan helyet találtunk, melyeken a talaj

az egész, a növények gyökerei által hasznosítható talajszelvényen át *igen jó és tartós rögszerkezetet mutatott, aminek ellenére a termékenysége rossz volt.* Az ilyen talajokat behatóbban vizsgálva, már ezelőtt 17 évvel megállapítottam, hogy a bennük abszorbeált bázisok között a kicserélhető *magnézium* erő sen dominált, tehát kifejezetten *magnéziumtalajoknak* voltak minősíthetők, melyeket a gyakorlat porszikeknek nevez. Így eltekintve attól, hogy kitűnően művelhetők, terméseik különösen száraz időjárásban éppen olyan gyengék, mint a szikesekéi. A magnézium ion ugyanis olyan erővel tartja hidrolizálódva a vizet, hogy a növények ezt képtelenek elszívni. *Szóval a magnéziumtalajok rossz vízleadók.* Igazolja ezt az az olasz öntözéseknél megállapított tény is, hogy a Dolomitok magnéziás hordaléktalajainak évi öntözési vízszükséglete 2000 mm, míg a meszeseké csak 600—800 mm.

A talaj termékenységét tehát ezek szerint nemcsak a tartós rögszerkezet, hanem a víz- és tápanyagszolgáltatóképesség is befolyásolja. Láthatjuk ezt még a kifejezetten kalciumtalajoknak minősíthető talajoknál is, mert ezek is gyenge termékenységűek lehetnek, *ha nem tartalmaznak megfelelő mennyiségű és minőségű, a talajok tartós rögszerkezetének kialakításához a növények tápanyagszükségletét szolgáltató szerves anyagokat,* bár érvényesül bennük a *Ca*-ion koaguláló hatása.

A szerves anyagok tehát mind mennyiségileg, mind minőségileg *nélkülözhetetlen alkotórészei a talajtermékenységnek, a beéredésnek, azaz az olyan tartós rögszerkezet kialakulásának, melyben a víz- és hőgazdálkodás, valamint a tápanyagszolgáltatás kiegyensúlyozott.*

Ha a talaj nem tartalmaz (kifejezetten és ismételten hangoztatom) olyan *minőségű* szervesanyagot, amely bomlása folyamán nemcsak a növényi tápelemeket szolgáltatja, hanem olyan *minőségű* bomlási termékek is képződnek, amelyek nem ragasztólag hanem *cementezőleg* hatnak, tehát a *víz iszapolóhatásának ellenálló morzsákat képeznek,* akkor az ilyen talajtól *megfelelő biztos* termékenységet alig remélhetünk és várhatunk. Az ilyen talaj könnyen összeiszapolódik, hézagterei mindinkább összeszűkülnek, kapilláris méreteket vesznek fel, melyekben a vízmozgás hamarosan megszűnve, vízzel túltelítődnek, levegőtlenné válnak és termékenységük állandóan csökken. Megjavításuk legfontosabb követelményei *Viljamsz* megállapítása szerint az évelő fűféleségek beiktatása a vetésforgóba és a szántás helyes módja, mélysége és minősége.

Mind a tudományos vizsgálatok, mind a tapasztalati adatok kétségtelenül azt is bizonyították, hogy az őszi szántás időpontjának, módjának és mélységének megállapítása *mindenkor különálló feladat* és semmiképpen sem általánosítható. Módját, minőségét és eredményét szintén a talajok víz-hőgazdálkodása és tápanyagutánpótló, tehát biológiai viszonyai szabják meg.

Az időponttal, móddal és mélységgel kapcsolatosan a talaj kötöttsége, vízgazdálkodása, kultúrállapota és szervesanyagtartalmának minősége, valamint rétegbeli felépítése és az időjárás a döntő tényezők.

Iránytadóul szolgál, hogy minél kötöttebb a talaj, annál nagyobb a vízkapacitása és minél rosszabb a vízvezetőképessége, annál inkább *arra kell törekednünk*, hogy minél korábban és mélyebbre végezzük az *őszi talajlazítást.* E tekintetben *külön kell mérlegelnünk a szántás mélységét és módját, valamint az altalajlazítást.*

Semmiesetre sem szabad mélyebbre szántani, mint azt a talaj könnyen erjeszthető szervesanyagtartalma megengedi, mert ha pl. kukorica után mélyebben szántunk, mint ahogy a talajfelszín a gyökér és torzsa maradványokkal telítve van, vagy amint trágyával a szántott réteget ellátni tudjuk, akkor élettelen nyers földet hozunk a felszínre, amely könnyen összeiszapolódva a mélyebbre jutott, a levegőtől elzárt talaj biológiai tevékenységét megrontja. Így pl. Martonvásáron beigazolódott, hogy a *gazmentes* beéredett talajt kukorica után ősszel egyszerűen csak tárcsázva, nagyobb kalászos termést adott, mint a mélyen szántott. Éppúgy, már a huszas évek végén közöltem, hogy a *gazmentes, beéredett* talajú cukorrépa őszi tárcsázása a tavaszi árpában sokkal nagyobb termést biztosított, mint az ősszel mélyen szántott.

Szem előtt kell tartanunk azt is, hogy az erősebben kötött talajok levegőtlensége és nagy vízkapacitása, feltétlenül mély lazítást követel ugyan meg, de szántani esetleg csak sekélyen szabad, mert mélyszántással a levegőtlenség okozta nagymennyiségű mérgező anyagot hozhatunk a felszínre. Az ilyen talajok vízkapacitása cm rétegenként 6—8 mm csapadékot igényelve, rossz vízvezető és erős duzzadóképességük miatt is csak akkor nedvesednek be kellően, ha erősen repedezettek és mélyen lazítottak. Ezeknél tehát legtöbbször a korai sekélyszántás és a mély lazítás a fontos.

Más elbírálás alá esik a *Viljamsz* által ajánlott előhántós ekével való művelés, melyet természetesen csak olyan gyepes területek feltörésénél szabad és kell alkalmazni, melyek legalább is 20 cm mélységig gyökérmaradványokban gazdagok és jó talajminőségűek. Így pl. a sekély termőrétegű bizonyos évelő füveket és pillangósokat, kellő öntözéssel még jól termő szikesek talajszelvényét vizsgálva, sok helyen szemmel látható, hogy ezek csak kb. 10—15 cm mélységig vannak gyökérmaradványokkal telítve, mélyebben pedig már növénytermelésre kevésbé alkalmasok. Ha közel a felszínhez szikes vagy mérgező anyagokat tartalmazó helyeken a mélyszántást vagy előhántós ekeművelést alkalmazunk, a talaj termőképességét több évre, sőt esetleg véglegesen is megronthatjuk. Ilyen adottságok között nem mélyszántás, hanem sekélyszántás és *altalajlazításra* van szükség.

A mondottakból röviden összefoglalva következtethetjük, hogy a *talajok tavaszi művelésének alapvető célja a hőmérsékletviszonyoknak* olyan mélységekig való szabályozása, mint amilyen mélyre a termesztendő növény magját sajátos igényeinek megfelelően helyezni kell. A magnak tehát nedvesebb, hűvösebb földbe kell jutnia, viszont a felette lévő laza rétegnek sok levegőt kell tartal-

maznia, hogy az alatta lévő tömött réteg felmelegedését és a párolgási veszteségeket gátolva, az előálló nagy hőmérsékletkülönbségek következtében a tömött rétegben a harmatképződést lehetővé tegye.

Éppúgy a *nyári Manninger szerinti talajművelésnek is az alapvető feladata az, hogy a talaj hőviszonyai szabályozásának céljából a felszínt sekélyen lazítva, a csapadékvizek gyors leszivárgását biztosítva, az alatta lévő tömöttebb talajréteg kiszáradását gátolja, teremtse meg nemcsak a biológiai folyamatoknak a legkedvezőbb feltételeket, hanem a harmatképződést is segítse elő, végül szárazság esetében is tegye lehetővé a kellő morzsalékos őszi mélyművelést.*

Így pl. az 1948. évben Erdőhátpusztán az előadott elvek szerinti talajművelés biztosította azt, hogy az őszi szántást, az őszi rendkívüli szárazság ellenére 27—30 cm mélységig végezhettük el. Ott, ahol a kapások után nyári talajművelést nem végeztünk, a föld alig vette be az ekét és csak kedvezőtlen, rögös szántást sikerült elérni.

A tavaszi és nyári művelésnek tehát egyebek között *lényegileg a talajhőmérséklet szabályozását* és ezáltal nemcsak a párolgási veszteségek csökkenését, hanem a harmat hasznosítását is szolgálnia kell.

Nem vitatható, hogy mezőgazdasági termelésünk korszerűsítését és megfelelő gyakorlati eredményességét csak akkor biztosíthatjuk, ha nemcsak a talajnak a növénytermesztésben érvényesülő különféle jelenségeit, hanem legfőképpen azok *dinamikáját tanulmányozzuk*, szóval ha a *dialektikus tudomány rendszerére lépünk, mint azt Dokucsájev, Koszticsev, Viljamsz és Liszenko orosz tudósok megalapozták és diadalra vitték.*

A dialektikus tudomány mindenkor a folyamatok és a környezet lényeges tulajdonságait összefüggésben tanulmányozza és egymástól e l v á l a s z t h a t a t l a n u l lényeges elemeiben tartja szem előtt. Tanulmányozza a folyamatok és környezetek tulajdonságaiba való átmenetük következményeit, mint azok természetszerűleg egymásból kifejlődnek.

Nem vitatható ezek szerint az sem, hogy a *gyakorlatilag megnyilvánuló hő- és vízgazdálkodása a talajoknak az agrotechnikai tudomány biológiai tárgykörébe is tartozva biológiai vonatkozásaiban is tanulmányozandó és értékelendő.*

Hála a szovjet tudomány befolyásának, ma már nálunk is a biológiai irány mindinkább érvényesül a mezőgazdasági termelésben. Ezt látjuk különben a *növénynemesítésben és az állattenyésztésben is.*

Súlyos hiányosságok állanak azonban fenn az agrotechnikában. Ezek oka nemcsak a *talajbiológiai* tudomány eddigi, majdnem teljes *elhanyagoltságában, hanem igen sokszor hibás megítélésben is van.* Pedig éppen ez a tárgykör az, amely az alkalmazandó agrotechnikai módszerek valóban *okszerű* megállapítására *döntően* irányt szab.

A talajbiológiai tudomány feladata, hogy a talajdinamikai változások irányát, lehetőségeit, valamint törvényszerűségeit és helyi megnyilvánulásait,

mikrobiológiai, talajkémiai, talajfizikai és növényfiziológiai tudományok segítségével összefüggéseikben és egymásrahatásaikban felderítse és magyarázza.

Minden tekintetben el kell fogadnunk, hogy végeredményben a talajbiológiai átalakulások és folyamatok szabják meg a talajok tényleges termékenységét, tehát *az egész agrotechnikai, köztök elsősorban a művelés és így a víz- és hőgazdálkodás, valamint a növények tápanyagellátásának tudományos és különösen gyakorlati követelményeit.*

HOZZÁSZÓLÁSOK

KREYBIG LAJOS lev. tag előadásához

KOVÁCS GÁBOR

A sekélyművelési rendszerrel kapcsolatban az a kérdésem, hogy vajjon több éven keresztül végezve ezt a művelést, hogyan hatna az a talaj szerkezetére és termelékenységére. Az a feltevésem, hogy a talaj szerkezetére nem javítólag, hanem rontólag hat ez a művelési rendszer.

Szeretném tudni, hogy a szántás ideje mikor volt, milyen éghajlati körülmények között, hogyan állt a műtrágyázás kérdése? Az előhántoló művelés véleményem szerint csakis előnyösen hathat a talajra. A Szovjetunió gyakorlata igazolja, hogy ez a kérdés nemcsak hüvelyesek után, de minden őszi mélyszántásnál szerepel; ha előhántolós ekével végezzük el a szántást, így fejlődhetnek ki a helyes növényi élet és a mikrobiológiai folyamatok a talajban. Biztos, hogy szikes talajoknál ez a kérdés kiigazításra szorul, de itt sem lehet az eke elvetéséről szó.

FEKETE ZOLTÁN

Grohovszki is részletesen beszámol a szántás mélyítésének kérdéseiről. Felemlít szovjet talajokat, ahol 1 cm-es mélyítési lehetőség sincs. Egyúttal felemlíti, hogy csak akkor kezdhetjük meg az előhántolós ekével való művelést amikor kb. 20 cm homogén feltalajunk van. A szovjetunióbeli termő szikesek és a mi termő szikeseink között óriási különbség van. Ott legnagyobbrészt a szikeseken azért lehet termelni, mert a felszíni szikes réteg alatt nem nagy mélységben már kifogástalan talaj található. Minél mélyebben művelünk és minél erősebben forgatunk, annál erősebben felhozzuk ezt a sekélyen lévő kifogástalan réteget. Nálunk, a kifogásolható réteg rendesen közelebb van a felszínhez. Ha ilyen helyen a kifogásolható részt felhozzuk, bajt idézünk elő. Olyan talajjavítási eljárást kell alkalmazni, amely ezt a részt lejjebb süllyeszti, olyan agrotechnikát végezni, hogy a talaj feljavulása minél mélyebben menjen végbe. Ha a feljavulás 20 cm-nél mélyebben végbemegy, akkor nincs akadálya az előhántolós eke használatának, addig azonban nem lehet alkalmazni.

Nálunk nagy területeken olyan régi terrasz is található, ahol pl. a kavics egy arasznyi mélységben található. Azt hiába hozzuk fel, nem javítunk vele. A Pannon-padok szétmálása és művelés által való szétaprózása igen hosszú időt vesz igénybe. Nálunk a szántóföldi művelés alatt álló területeken gyakoribb a sekélyrétegű talaj, míg a Szovjetunióban ez csak szórványos jelenség.

PRETTENHOFFER IMRE

A Szovjetunió és a hazai szikesek közötti különbség abban is megnyilvánul hogy a Szovjetunió szikeseinél a szántott réteg alatt néha gipsz fordul elő. Nálunk gipszes réteg nincs, tehát javítóhatást nem fejthet ki. Nálunk tehát vigyázni kell a szántás mélyítésével, mert ha csak 1—2 cm-rel mélyítjük is a szántást, már meglátszik a fehérség a talaj felszínén, ami kedvezőtlen hatású.

SZÉKELY ÁKOS

A földalatti harmat terén nagyjelentőségű Kreybig és Szabados András kutatása. A földalatti harmat keletkezésével szeretnék a következőkben foglalkozni. Úgy gondolom, hogy Kreybig előadásában az ozmózisos jelenségeket említette meg, mint a harmatképződés okát, ami hőmérsékletkülönbség eredménye. Arra szeretnék rámutatni, hogy ezek a különbségek az újabb kémiai és fizikai kutatások szerint ozmózisra mutatnak. Ezek a kutatások nagyjelentőségűek lehetnek. Egyik fő hatásuk abban van, hogy ha a kapilláris vízmozgásokat és a talaj többi vízmozgásait összehasonlítjuk, úgy különböző hőmérsékletet alkalmazva, nagyon érdekes határmennyiségek számíthatók ki. Két hőmérsékletkülönbséget ragadtam ki: a 21 és 39° C-os különbségre alkalmazva a tételt, 5%-os hatásfok jön ki. Matematikai képletekkel lehet legjobban bizonyítani, hogy a földalatti harmatképződésnek milyen nagy jelentősége van.

FINÁLY LAJOS

Hozzászólásomban az előadás anyagától kissé távoleső kérdést hozok ide. Szó volt elhumuszosodásról és arról, hogy a kevésbbé jó talaj jobbá válik, ha felszínre hozzuk. Itt a trágyázás kapcsolódik be a kérdésbe és igen fontos szerepet játszik. Szeretnék rámutatni, hogy a fekál-trágyázás nincs eléggé tisztázva és a nagyvárosok szennyvizéből leülepített, fekália-tartalmú iszap kezelésével keletkezett anyagnak ilyen értelmű jelentősége sincs felkutatva. Humuszképző hatása sem ismert. A külföldi irodalomban azt olvashatjuk, hogy ha ez az anyag nem is trágya, de igen jó talajjavító hatása van. Tehát nálunk, ahol a szikesek sok problémát okoznak, fokozottan kellene ezzel a kérdéssel foglalkozni. Előbbutóbb ugyanis mind nagyobb jelentőségre jut a nagyvárosok csatornaiszapjának mezőgazdasági célra való hasznosítása.

SALAMIN PÁL

Kreybig Lajos professzor értékes előadásában összefoglalta a talajok hő- és vízgazdálkodására vonatkozó legújabb magyar és külföldi, elsősorban szovjet, továbbá német, holland és svájci kutatások eredményeit. Ismertette a talajok vízgazdálkodását jellemző tulajdonságokat, foglalkozott a csapadékok talajtani hatásaival, a párolgás és harmatképződés jelenségeivel, a gyökerek vízgazdálkodási szerepével.

Különösen részletesen mutatta be a talajszerkezet fogalmának korszerű meghatározását, a durva, a középnagyságú és a finom talajpórusok szerepét, a morzsalékos szerkezetállapot helyes dinamikai vizsgálatát, vagyis a morzsalékképzőképességnek és a morzsalékállandóságnak kolloidkémiai és mikrobiológiai együttes tanulmányozását.

Kreybig Lajos professzor ebben a részletes ismertetésben vízgazdálkodási szemmel nézve tulajdonképpen elsősorban a *legkisebb vízgazdálkodási egységnek a talajmorzsának* vizsgálatát mutatta be. Előadásában megismertük a mezőgazdaság vízellátása szempontjából tökéletes vízgazdálkodású talajmorzsa tulajdonságait, képződésének és megmaradásának feltételeit, elpusztulásának okait, az összes ráható fizikai és biológiai jelenségek egységes szemléletében.

Hasznos kiegészítése lehet talán az így röviden vázolt előadásnak, ha rámutatunk arra, hogy a vízgazdálkodási jelenségnek mezőgazdasági szempontból való vizsgálatánál a legkisebb vízgazdálkodási egységnek, a talajmorzsának térben és időben való egységes szemléletén kívül *tanulmányoznunk kell ugyan-*

ezen a szemléleten át a nagyobb vízgazdálkodási egységeket is. Ennél az utóbbi tanulmánynál is értékes elméleti és gyakorlati megállapításokra juthatunk és a tanulmány kidolgozása nélkül hibákat követhetünk el.

Foglaljuk először is össze azokat a vízgazdálkodási egységeket, amelyeknek vizsgálata szükségessé válhat:

1. talajmorzsa;
2. egyetlen (gazdasági) növény gyökérzete által átszött talajtest;
3. mezőgazdasági kis, közepes és nagyüzemi művelési egység;
4. felszíni vízgyüjtőterület;
5. felszínalatti vízgyüjtőterület.

Ezek az egységek természetesen szoros kapcsolatban vannak egymással. A talajmorzsák építik fel az egyetlen növény gyökérzete által átszőtt talajtestet. Az egymás mellet levő növények egymásmelletti és részben egymásba szövődő gyökérzete által képezett tér alkotja a mezőgazdasági művelési egységeket. Az üzemi egységekből épül fel kultúrterületen a felszíni vízgyüjtőterület. A felszínalatti (talajvíz) vízgyüjtőterület szoros kapcsolatban van a felszínalatti vízgyüjtőterületekkel.

Ezeknek a vízgyüjtőterületeknek (tehát nemcsak az 1-nek és 2-nek, a talajmorzsának és egyetlen növény gyökérzete által átszőtt talajtestnek) vizsgálata már *minden mezőgazdasági szempontból jelentős vízi jelenséget felderít majd és elősegíti a helyes vízgazdálkodási értékelést.*

A *talajmorzsa* és az egyetlen növény gyökérzete által átszőtt talajtest vizsgálata rávezet arra pl., hogy a talaj víztartalmának figyelemvebételével milyen intezitású természetes vagy mesterséges csapadék nem okoz kárt és mikor engedhető meg a beszivárgás.

Az *üzemi egység* tanulmányozása a helyi talajvízszint ingadozások figyelembevételével megmutatja pl., hogy mi az a vízmennyiség, amivel még nem idézünk elő káros talajvízszintemelkedést; lehetővé teszi a vízszükséglet számítását, még különböző vízgazdálkodású talajokból felépített művelési egységeken is.

A *felszíni és felszínalatti hidrográfiai és hidrogeológiai vízgyüjtők* vizsgálata átfogó képben mutatja be a követendő vízgazdálkodási tevékenység irányvonalát az éghajlati, a talajvízgazdálkodási adottságoknak, a csapadékok, talajmozgások, a felszíni víz összegyülekezési és lefolyási viszonyainak megfigyelésével és a megfigyelési eredmények kiértékelésével.

Az ilyen, minden összefüggésre kiterjedő *egységes szemlélet* nemcsak a közvetlen gyakorlati vízgazdálkodási tevékenységben ad útmutatást, hanem a tágabb értelemben vett hidrobiológiai kutatómunkát is nagymértékben segíti elő. Lássunk erre egy-két példát.

A belvízcsatornák méretezési feladatának megoldásához ismernünk kell a lefolyási jelenségek kialakulását, az összegyülekezési folyamatot. Ez a folyamat nem egyszerű hidraulikai jelenség, vagyis nem magyarázható meg csak a felszínen való lefolyás vizsgálati eredményeivel, hanem figyelembe kell vennünk az egész vízgyüjtőterületen a legkisebb egység, a *talajmorzsa* tulajdonságait is. A talajmorzsák tulajdonságaiból kell következtetnünk például a lefolyási tényező értékére.

A talajok fejlődésének vizsgálatánál ismernünk kell hosszabb időre kiterjedően a talajvízszint ingadozását és ugyancsak a felszíni lefolyási és összegyülekezési folyamatokat. Mindezeket a jelenségeket természetesen csak akkor ismerhetjük meg, ha a *nagyobb vízgyüjtőterületeket* is gondosan tanulmányozzuk.

Az elmondottakkal, az egységes vízgazdálkodási szemlélet bemutatásával azonban nemcsak az előadást óhajtottam kiegészíteni, hanem egyben a mezőgazdasági szempontból igen jelentős vízgazdálkodási kutatómunkánk fejlesztésére is *javaslatokat* szeretnék előterjeszteni:

1. *Javasolom az országos talajtérképezés során nyert és vízgazdálkodási szempontból jelentős talajfizikai tulajdonságoknak, állandóknak vízgyüjtőterületként való összefoglalását, kiértékelését.*

Ennek a munkának a megindítását többízben javasoltam talajtani kutatóknak. Javaslatom alapján a Tudományos Akadémia Agrártudományi Alosztályának Talajvédelmi csoportja tervbe is vette a kiértékelő munka megindítását. Hasznos lenne, ha a Tudományos Akadémia Hidrológiai Bizottsága is állást foglalna ennek a kutatómunkának megindítása érdekében és együttműködne a fentemlített Talajvédelmi Csoporttal.

A munka végrehajtásának különben előfeltétele, hogy az ország vízgyüjtőterületeinek jellemző adatai fel legyenek dolgozva, éppen azért javasolom még, hogy a *Lászlóffy Woldemár dr* által megindított vízgyüjtőterületi összeállítási munka anyagi és személyi segítséget kapjon, hogy az eredmény előbb álljon a kutatók rendelkezésére.

2. *Javasolom minta-vízgyüjtőterületek kiválasztását és az ezeken való rendszeres összefüggő, minden hidrológiai jelenségre kiterjedő kutatómunka megindítását.*

A mintavízgyüjtőterületek kiválasztását a magyar vízimérnökök és talajkutatók sora javasolta eddig. Kiemelem itt többek között *Németh Endre* professzort és *Bogárdi János dr*-t, akik a lefolyási viszonyok vizsgálata, talajeróziós vizsgálatok szempontjából, *Mosonyi Emil dr-t*, aki általános vízgazdálkodási szempontból, *Egerszegi Sándort*, aki talajtani, talajeróziós vizsgálatok szempontjából vetették fel a szakirodalomban, vagy tudományos társaságok ülésein a javaslatot. A mintavízgyüjtőterületek kiválasztása és az azokon való kutatómunka megindítása modellje lehetne a nagyobb vízi egységeknek általános vízgazdálkodási szempontból és lehetővé tenné a »területi hivatalok«-nak (kultúrmérnöki hivataloknak, vízgazdálkodási körzeteknek) tudományos elvek alapján való vezetését, mint arra többízben javaslatot tettem.

A mintavízgyüjtőterületek között lehetne, talán éppen első helyen időrendben a *Sztálin-városi Lajos-forrás vízgyüjtőterülete*, amelyen a vízrajzi kutatómunka amúgy is megindult. Itt az Akadémia anyagi segítségével ki lehetne terjeszteni a kutatásokat minden vízgazdálkodási irányra, együttműködve a Talajvédelmi Csoporttal.

A javasolt munkák elvégzésével lehetővé válna a lefolyási viszonyok szabatos vizsgálata, a belvízcsatornák helyes méretezési eljárásainak kidolgozása, és amint ezt *Vendl Aladár* professzor előző elnöki zároszavában mint legjelentősebb feladataink egyikét kiemelte a vízgazdálkodási egyenleteknek térben és időben való kiértékelése.

Mindkét javaslat jelentős hidrológiai kutatások fejlesztése, valamint a mezőgazdaság vízgazdálkodásának javítása érdekében.

SZELÉNYI FERENC

Tavaly a pallagi Agrokémiai Vitaértekezleten, valamint a Hidrológia Társaságban tartott előadásomban, továbbá f. évben a Felsőfokú Szakkáderképző Tanfolyamon tartott beszámolómban rámutattam arra, hogy szakismereteink hiányossága folytán gyakorlati vonatkozásban a talajok vízgazdálko-

dásának a problémáját sok tekintetben tévesen ítélik meg és helytelenül értelmezik.

Előadásom során 4 elvi jelentőségű kérdésre mutattam rá, amelyet röviden az alábbiakban foglalhatok össze:

1. A talajok levegő- és vízgazdálkodásának a problémáit egymástól nem választhatjuk el, mert a víz és a levegő a talaj hézagos üregeiben mindig kiegészítik egymást, s ennélfogva e tényezők állandóan együttesen fejtik ki hatásukat mind növény, mind talajélettani vonatkozásban.

2. A víz hatására a talajokban kialakuló életfeltételeket, illetve körülményeket az szabja meg, hogy a pórustér hány százaléka van vízzel, illetve levegővel telítve.

3. Az, hogy a víz milyen gyorsan szivárog a talajba, a talaj milyen mélyen ázik át, s ennek következtében az idő függvényében hogyan változik a talaj víz- és levegőkészlete, nemcsak a talajok texturájától, hanem attól is függ, hogy milyen a talajoknak a morzsalékossága (rögszerkezete és rögstabilitása), továbbá mennyi víznek kell a talajba beszivárognia. A talajoknak — az idő függvényében változó — levegő- és vízkészlete szempontjából ezek szerint nem közömbös, hogy adott talajon, adott szerkezeti viszonyok mellett, kevés vagy sok csapadék jut a talajra, kevés vagy sok vízzel öntözünk-e.

4. Az előző pontban foglaltak szerint nem fogadható el az a nézet, mely kimondja, hogy a talajok víztartóképessége állandó statikus jellegű tulajdonsága talajainknak. A talajok levegő- és vízgazdálkodása egy kifejezetten dinamikus adottsága talajainknak, mely nemcsak az idő függvényében, hanem más egyéb tényezők függvényében is lényegesen változik.

Hogy az eddigi vizsgálati elvek és módszerek alapján gyakorlati vonatkozásban milyen téves következtetések vonhatók le, azt egy konkrét példával szeretném igazolni. A barabási Állami Gazdaságban lévő kísérleti telepünkön — melynek talaja rossz szerkezetű, mészszegény, iszapos öntéstalaj, — folyó év tavaszán a téli és tavaszi csapadék hatására súlyos vízkárok léptek fel.

Kreybig Lajos előadásában többízben rámutatott arra, hogy a talajok vízgazdálkodási adottságait a legjobban a talajoknak a vízkapacitása jellemzi, s hogy a vízkapacitás a talajok *hy* értékéből számítható ki. Tekintettel arra, hogy kísérleteink során azt tapasztaltuk, hogy a talajoknak a víztartó és vízvezetőképessége éppen úgy, mint a talajok kapilláris vízemelőképessége lényegesen változik a talajok morzsalékossága szerint, mi a talajok *hy* értékét egy durva 1—0,5 mm-es szitafrakción, valamint egy finom 0,5 mm-en aluli szitafrakción határoztuk meg. Mi e két szitafrakciónál két különböző *hy* értéket kaptunk (lásd a *VI. táblázatot*). Mivel Kreybig szerint a talajok vízkapacitása 8 *hy*

VI. TÁBLÁZAT

(Barabási talaj)

Szitafrakció	*hy*	VK % 8 *hy*	*Ts*	*VK x Ts*	*P* %	*Rl* %
1—0,5	3,63	29,04	0,96	27,88	63,1	55,8
< 0,5	3,28	26,24	1,25	32,80	51,9	36,8

Magyarázat:

hy = Kuron-féle higroszkóposság
VK % = vízkapacitás %
Ts = száraz térfogatsúly
P % = porustérfogat
Rl = relatív nedvesség

nak felel meg, s nekünk fentiek szerint 2 *hy* értékből kell kiindulnunk, a barabási talajra nem egy, hanem két különböző vízkapacitás-értéket kaptunk. Mivel minket jelen esetben az érdekel, hogy a vízkapacitás értékéből milyen következtetések vonhatók le a talajban uralkodó életfeltételekre vonatkozóan, ismerve a két légszáraz szitafrakcióval elérhető térfogatsúly értékeket, talajunk mindkét *VK* (vízkapacitás) értékét súlyszázalékról térfogatszázalékra számítottuk át, a talajaink pórustérfogatértékei, valamint vízkapacitásértékei alapján számítottuk ki mindkét esetben talajunk relatív levegőtartalmát, azt tehát, hogy vízzel telített talajban a pórustér hány százaléka van levegővel telítve. A táblázat adatai szerint a durva szitafrakciók *VK* értéke alapján kiszámított relatív levegőtartalom 55,8%, a finom szitafrakcióé pedig 36,8%. Mindkét érték alapján az a következtetés vonható le, hogy a barabási talajnak igen kedvező a levegőgazdálkodása, s ennek következtében e talajban nem forog fenn a túlöntözés veszélye, e talajban nem állhatnak elő oly légszegény életkörülmények, melyek a növények fejlődését, illetve életbenmaradását veszélyeztetik. A vízkapacitásértékek alapján kiszámított relatív levegőtartalom ezek szerint ellentmondásban áll a barabási talajokon észlelt gyakorlati tapasztalatokkal.

Lássuk már most milyen értékeket kapunk, ha mi a légszáraz talaj durva szitafrakcióját 25, 50, 75, 100 mm csapadéknak megfelelő vízzel öntözzük, s 6, 12, 24 óra leforgása után állapítjuk meg a pórustérnek a levegőkészletét (lásd a *VII. táblázatot*). Az így kapott értékek sem mutatnak anerobiotikus

VII. TÁBLÁZAT

(Barabási talaj)

Szitafrakció	*Ts*	*P* %	víz	6^{h} *RI* %	12^{h} *RI* %	24^{h} *RI* %
1—0,5	0,96	63,1	25	40,0	42,9	47,9
			50	34,2	38,2	42,5
			75	33,4	37,2	40,1
			100	30,9	34,5	38.2
< 0,5	1,25	51,9	25	26,4	29,7	33,3
			50	13,3	17,1	21,6
			75	7,3	13,1	17,1
			100	0,6	5,2	10,6

életkörülményekre. Ezen értékek szerint szintén nem magyarázható meg az, hogy tavasszal miért léptek fel Barabáson olyan súlyos vízkárok. Ha ezzel szemben nem a durva, hanem a finom szitafrakción vizsgáljuk a vízmozgást, 25, 50 ,75, 100 mm-nek megfelelő vízmennyiséggel, úgy egészen más értékeket kapunk. A táblázatban ismertetett értékekből világosan látható, hogy a finom szitafrakciónál már a 25 mm csapadéknak megfelelő vízmennyiség is lényegesen alacsonyabb relatív értékekre vezet, mint a durva szitafrakciónál a 100 mm csapadék. Növekvő vízmennyiséggel a relatív levegőtartalom oly mértékben csökken, hogy 75, illetve 100 mm csapadék hatására már oly légszegény életkörülmények alakulnak ki a talajban, amelyek a növényzet minimális levegőszükségletét sem képesek kielégíteni. A 75, illetve 100 mm vízzel a finom szitafrakciónál megállapított relatív levegőtartalom-értékek világos bizonyítékai

annak, hogy Barabáson a sok víz a szerkezetnélküli talajon miért pusztította ki a növényzetet.

Ezekből az adatokból világosan látható, hogy *hy* alapján kiszámított vízkapacitás-értékekből nem vonhatók le következtetések a vízhatásra vonatkozóan. A vízkapacitás-értékek ezek szerint nem alkalmasak arra, hogy azokból megállapíthassuk, fenn forog-e egy talajban az anerobiózis veszélye, s hajlamos-e a talaj légszegény életkörülményeknek a kialakítására. Nemcsak a *hy* értékéből kiszámított *VK* értékek, hanem bármely más vizsgálati eljárással kapott *VK* értékek sem alkalmasak arra, hogy reális képet alkothassunk magunknak a talajok tényleges levegő- és vízgazdálkodására vonatkozóan. Sok éves kísérleti tapasztalataink azt igazolták, hogy a talajok levegő- és vízgazdálkodását reálisan csak úgy ítélhetjük meg, ha figyelembevéve a talajok szerkezeti adottságait, valamint az öntözővíz mennyiségét, a víz szivárgását, s ebből számítjuk ki az idő függvényében változó mindenkori levegő-, illetve vízkészletet. Így nemcsak az állapítható meg, hogy számolnunk kell anerobiótikus életkörülményekkel, hanem megállapítható az is, hogy a légszegény reduktív életkörülmények milyen hosszú ideig állnak fenn talajainkban.

Röviden még csak egy kérdésre szeretnék rámutatni. Lássuk a talajok levegő- és vízkészlete szempontjából mi a helyzet egy jó szerkezetű talajon, pl. a lászlómajori kísérleti telepünkön, ahol folyó esztendőben vízkárokat nem észleltünk. A lászlómajori talaj a szolnoki lőszháton kialakult mésszel telített, mezőségi jellegű középkötött talaj. Amint a *VIII. táblázat* adataiból látható,

VIII. TÁBLÁZAT

(Lászlómajori talaj)

Szitafrakció	*Ts*	*P* %	víz	6 *Rl* %	12^h *Rl* %	24^h *Rl* %
1—0,5	0,99	61,9	25	49,9	53,2	55,7
			50	47,5	50,7	53,2
			75	46,7	49,6	52,8
			100	44,4	48,8	52,3
< 0,5	1,10	57,7	25	47,7	50,6	53,2
			50	41,7	45,4	50,6
			75	38,5	42,1	45,6
			100	35,9	39,0	42,8

Magyarázat:

hy = Kuron-féle higroszkóposság
VK % = vízkapacitás %
Ts = száraz térfogatsúly
P % = porustérfogat
Rl % = relatív nedvesség %

ennek a talajnak oly kedvező a vízvezetőképessége, hogy ennél a talajnál még a finom szitafrakció sem mutat légszegény életkörülményeket 100 mm csapadéknak megfelelő vízmennyiség mellett sem.

A talajoknak az idő függvényében változó levegő- és vízkészlete között, valamint a talajok szerkezeti adottságai és az öntözővíz mennyisége között fennálló matematikailag értékelhető törvényszerű összefüggésekre vonatkozó vizsgálati eredményeink a közeljövőben kerülnek nyilvánosságra.

A barabási példának az ismertetését ez alkalommal azért tartottam szükségesnek, hogy felhívjam a kartársak figyelmét arra, hogy a víz élettani hatását

illetve a víz által a talajban kialakított életfeltételeket nemcsak a talajok szerkezete, hanem a víz mozgása is megszabja.

A szerkezetnélküli, tehát rossz vízvezetőképességű talajok öntözése szempontjából ezek szerint, mindaddig, míg a megfelelő agrotechnikai eljárásokkal, füves vetésforgórendszerben nem sikerül egy tartós morzsalékos rögszerkezetet kialakítanunk, nem közömbös, hogy milyen öntözéstechnikai eljárásokkal, mennyi vízzel öntözzük talajainkat.

KREYBIG LAJOS válasza

A hozzászólásokkal alapjában egyetértve a következőket tartom még szükségesnek röviden megjegyezni.

Tudjuk, hogy a Szovjetunióban a szikesek rétegződése a legtöbb esetben erősen különbözik a magyar szikesek rétegződésétől. Míg ugyanis a Szovjetunió szikeseinek legnagyobb részében a talajok szikes felszíne alatt már közel is jó minőségű a föld, nálunk ez éppen fordítva áll fenn, mert nálunk a legtöbb esetben a felszíni jobb minőségű szikes réteg alatt elég közel egy rosszabb, szikesebb réteg következik. Vannak azonban elvétve nálunk is olyan szikesek, amelyek a felszínhez közel az altalajban már jóminőségűek és nem szikesek, mint pl. Kisújszállás mellett, ahol jó fejlődésű erdőt láthatunk annak ellenére, hogy itt a felszín sokhelyen igen erősen szikes. Itt éppen az a kedvező helyzet áll fenn, hogy a facsemetéket elültetve azok gyökerei a 15—20 cm vastag szikes réteg alatt azonnal jó minőségű talajt találnak.

A harmatképződés hazai éghajlati viszonyaink között rendkívül fontos tényező, mert ennek eredményeképpen esők nélkül is feltöltődhetik a talaj nedvességgel, éspedig mind az alulról vízgőz alakjában feltörő levegőből, mind abból, amely esetleg fentről hatol lefelé a talajba, ahol lehülve nedvességtartalmát leadja. A harmatképződést majdnem a levegővel ill. a levegő nedvességtartalmával való öntözésnek tekinthetjük, amint erre a talajok hő- és vízgazdálkodása című könyvemben behatóan kitértem és amint ezt *Szabados András* szép munkájában tudományos módszerrel is igazolta.

A fekáltrágya kérdése nálunk még nincsen eléggé szabatosan megoldva. A szükséges tanulmányok most veszik majd kezdetüket.

A talajok művelésében sokszor rendkívül ellenkező adatokat kapunk az elméleti tanok és a kísérleti eredmények között. Ezzel kapcsolatosan is a talajok szervesanyagállapota, a hő- és vízgazdálkodás és a növény a döntő tényezők. Ezek szabják meg, hogy miként, milyen mélyen, mikor és milyen eszközökkel műveljük a földet.

A víztárolók építésénél az elszivárgási veszteségek megakadályozása céljából alapvető fontosságúnak tartom, hogy a tárolók fenekében a talaj szerkezetnélküli állapotát igyekezzünk előállítani, mert csak amikor ez az állapot kialakult, szűnik meg az elszivárgási veszteség.

A sekélyművelés eredményességének megvannak a maga feltételei. Ezt sem lehet általánosítani és bármikor, bármilyen körülmények között alkalmazni. Az 1948/49. évi sekélyművelési kísérleteket *Manninger* csak részben dolgozhatta fel, de már ebből is látni, hogy *a rögszerkezet és a termésre gyakorolt kedvező befolyásokon kívül főképpen a művelési költségekben mutatkozik nagyobb megtakarítás.* A *Manninger*-féle művelési módnak más egyéb művelési módokkal való

összehasonlító tanulmányozásánál természetesen számos tényezőt kell figyelembe venni, melyekre itt nem térhetek ki. Utalok ezirányban a talajok hő- és vízgazdálkodása című munkámra.

Kovács Gábor aggályaival szemben rámutathatók arra is, hogy *Tyerentyij Malcev* agronómus megállapítása szerint a sekélyművelés a talaj szerkezetére javítólag hat. Egyébként nevezettet a Manninger-félével egyező búzaművelési eljárásáért az 1951. *évben Sztálin-díjjal tüntették ki.* (L. : »Új világ« 1951. VIII., 31. számban »A szovjet mezőgazdaság új vívmánya«).

Az előhántós eke feltétlenül jó eredménnyel alkalmazható, ha a talaj legalább 20 cm mélységig könnyen bontható szerves maradványokkal bőségesen el van látva. Ha viszont a 10 cm-nél mélyebb rétegben kevés vagy rossz minőségű a szervesanyagtartalom, vagy maga a talajtulajdonság kedvezőtlen és ezt a réteget a felszínre hozzuk az előhántó vagy bármely más ekével, akkor feltétlenül károkat idézünk elő, mert az ilyen talajban a tartós rögszerkezet nem alakulhat ki, a felszínre hozott vadföld az esők hatására összefolyik, elcserepesedik.

A *Viljamsz*-féle előhántóekés művelésnek is megvannak tehát a maga jó és rossz oldalai, *alkalmazási feltételei* és ezek semmiképpen sem általánosíthatók.

A talaj a biológiai behatások következményeképpen állandóan változó tulajdonságú anyag. Ha kedvezőtlen tulajdonságú vagy szerkezetű talajt hozunk fel az előhántó vagy mélyen járó ekével, akkor feltétlenül károkat okozunk.

Vizsgálataink egyébként azt mutatják, amit a gyakorlati tapasztalatok hosszú éveken át Manningernél igazoltak, hogy a sekély művelést helyesen alkalmazva és természetesen a trágyázásra is kellő súlyt helyezve, ez a művelési mód a talaj tartós rögszerkezetének kialakulására, *a talaj termékenységének növelésére kedvezően hat.* (L. : T. Malcev munkáját)

Az agronómus feladata az alkalmazásra kerülő okszerű agrotechnikai módszer megállapítása. Ez állandóan változó intézkedéseket támaszthat, melyeket csak az agronómus tud valóban okszerűen megtenni, aki a talajbiológiai tudományt és annak gyakorlati vonatkozásait ismeri és meg is érti.

Szelényi hozzászólásához szükségesnek tartom az általa felvetett tárgykörhöz megjegyzéseimet utólagosan megtenni.

A *Szelényi* által felvetett négy elvi kérdés azt hiszem ma már eléggé ismeretes, hiszen éppen hazai kutatóink, különösen *Fehér, Frank és Hank* részletesen foglalkoztak ezekkel.

Az is ismeretes, hogy a talaj rögszerkezeti állapotának döntő befolyása van a talajban a víz mozgására. Részletesen ismertette e tárgykört *Viljamsz* és én is a Talajok hő- és vízgazdálkodása című munkámban. Tudtommal a közelmultban már sehol sem említették azt, hogy a talaj víztartóképessége állandó, minden körülmények között fennálló *statikai* jelenség volna. Ettől a nézettől már régen eltértünk.

A barabási Állami Gazdaság kedvezőtlen rögszerkezeti állapotú talajaiban *Szelényi* által megejtett vizsgálati eredmények a *hy* érték gyakorlati felhasználhatóságának tagadására *nem alkalmasak*, mert e talajok kedvezőtlen rögszerkezetük következtében *csakis. vagy nagyrészben a kapilláris törvények szerinti vízmozgást engedik meg.* Ez pedig mélyrehatóan elüt a kedvező rögszerkezetű talajok víz- és tápanyaggazdálkodásától. Az ilyen talajállapot esetében a *hy* érték vagy bármilyen más érték alapján való vízgazdálkodási adottságoknak számítás útján történő megállapítása céltalan, mert a véletlen függvénye, amint *ezt Viljamsz bebizonyította.* Nagyon helyesen mondja *Viljamsz* (Talajtan.

298. stb. oldalakon): »*A szerkezetnélküli talaj vízrendszere s z e s z é l y e s és ez meghatározza egyúttal a szerkezetnélküli talaj termésingadozásainak szeszélyességét is.*«

Különben is úgy látom, hogy *Szelényi* a *hy* értéknek hasznosíthatóságát téves alapokból kiindulva ítéli meg és bírálja.

A *hy* érték kifejezetten *a n y a g i*, tudományosan kétségtelenül a legjobban megfelelő vízgazdálkodási és kötöttségi értékszám, amint ez előadásom IV., IV/a és V. táblázatainak adataiból kitűnik. *Tjulin, Sekera* és mások munkáiból tudjuk, hogy a finom, közép és durva talajpórusok nagy általánosságban 1 : 1 : 1 aránya biztosítja a talajok vízgazdálkodását a legeredményesebben. Ilyen talajokban a durva pórusok *mindig teljesen*, a közepesek nagyrészben *levegővel teltek*, ha a talaj drénviszonyai megfelelőek. Jó rögszerkezet mellett a talajok anyagi vízkapacitásán felüli vízmennyiségek tehát mindig elszivároghatnak. Ilyen körülmények között a higroszkóposság döntően érvényesülve, a *hy*-nak a 8 szorzószámmal való alkalmazása jó betekintést ad a vízkapacitásba százalékban kifejezve. Ez a 8-as szorzószám, gyakorlatilag, nagyszámú adatból megállapított átlagérték, melynek pl. hasznosíthatóságát a IV/a táblázat növényzetnélküli, eső utáni sarabolással művelt nedvességtartalmából szinte kvantitativen bizonyítva látjuk.

Minél kedvezőtlenebbé válik a durva, a közepes és finom pórusok aránya a talajban, annál inkább jutnak túlsúlyba a finom pórusok, annál inkább romlik a talaj rögszerkezete, rosszabbodik a vízháztartás, valamint a tápanyagszolgáltatás, és annál inkább jutnak érvényre a kapilláris vízmozgási törvényszerűségek, melyeket *Viljamsz* oly érthetően jellemzett és magyarázott.

Ezek után talán nem kell tovább indokolnom, hogy a minimális vízkapacitásnak a *hy* értékből való számítása csak olyan talajokban lehetséges, melyekben a kapilláris vízmozgás törvényei nem, ill. csak a morzsákon belül érvényesülhetnek. A vízmozgást a talajban tehát a rögszerkezeti állapot is megszabja, amint ezt Szelényi helyesen kiemeli.

Igen nagy érdeklődéssel várjuk egyébként a *Szelényi* által bejelentett, matematikailag értékelhető, általa újonnan megállapított törvényszerűségek közlését.

KÍSÉRLETEK EGYES GAZDASÁGI NÖVÉNYEK VÍZIGÉNYÉNEK MEGÁLLAPÍTÁSÁRA

FRANK MELANIE

A növények fejlődését és általában minden életfolyamatát nagyrészben azok a természetes és bizonyos fokig mesterségesen befolyásolható életfeltételek szabják meg, amelyeket a környezet nyujt. A növénytermelő feladata, hogy a külső életfeltételeket minél kedvezőbbé tegye a növény számára, mert nagy terméseket csak akkor érhetünk el, ha az összes életfeltételeket biztosítjuk, ha az összes életfeltételek egyidejűleg és bőségesen állanak a növény rendelkezésére.

A kozmikus tényezők közül a *hő* és a *fény* befolyásolása korlátolt, csak bizonyos határok között lehetséges. Az edafikus tényezők : a víz s a *tápanyagok* viszont az ember termelőmunkája során leginkább szabályozhatók olyképen, hogy ezek a kivánt arányban álljanak a növény rendelkezésére. A *levegőnek* a talajban való jelenléte — különösen kötöttebb talajokban — a talaj szerkezetétől függ. Csak a tartósan morzsalékos talajszerkezet biztosíthatja azt, hogy egyidejűleg sok vízhez, a szükséges levegőhöz és tápanyaghoz juthasson a növény.

A fentiekből következőleg a növényzet vízszükséglete nem abszolút érték, hanem a termés nagyságán kivül, amely döntő módon határozza meg, nagyrészben attól függ, hogy a fény, hő, levegő és tápanyagok milyen mértékben állanak a növény rendelkezésére. Nagy terméseknél az egységnyi szárazanyag termeléséhez felhasznált víz mennyisége csökken, tehát kisebb lesz a transpirációs koeffciens, azaz az egységnyi szárazanyag termeléséhez szükséges vízmennyiség és nő a párologtatás termelékenysége, vagyis az egységnyi víz felhasználása közben képződött szárazanyag.

De befolyásolják a vízfogyasztást a növények fiziológiai sajátosságai is, amit bizonyos morfológiai jelekkel igyekeztek kapcsolatba hozni. Az újabb kutatások eredményei — elsősorban *Makszimov* kutatásai — azonban arra engednek következtetni, hogy a növények morfológiai sajátosságai inkább csak jelzik a növény vízgazdálkodásának jellegét, végeredményben azonban ezt a plazma tulajdonságai határozzák meg.

H. Tulaikov kisérletei a bezencsuki kísérleti állomáson kimutatták, hogy a köles, a kukorica, a burgonya és az őszi buza a leggazdaságosabban, az árpa, a zab, a tavaszi búza, a lucerna és a napraforgó kevésbbé gazdaságosan, a kender, a tök, a csicseri borsó és a lencse a legkevésbbé gazdaságosan fogyasztják a talaj vízkészletét. Természetesen az egyes fajták és fajtaváltozatok között is nagy eltérések lehetnek.

Az agrotechnikának — és ezen belül a tápanyagellátásnak — a vízfogyasztást, illetőleg a vízfelhasználás fokát befolyásoló szerepe is rendkivül nagy.

A fejlettebb agrotechnikának e tekintetben fennálló nagy jelentőségére mutatott rá *Hank Olivér*, aki a nyíregyházi homokjavító kísérleti gazdaság különböző agrotechnikával elért terméseredményeit dolgozta fel az 1932—1943. évekről, a helyi csapadékértékekkel egybevetve. A közölt eredményekből kitűnt, hogy pl. az őszi rozs a Nyírség táján szokásos kezdetlegesebb agrotechnika mellett a legjobb termésű években, a természetes csapadéknak csupán 36—38%-át hasznosította, ugyanakkor fejlett agrotechnika mellett, 12 év átlagában több, mint 70%-át. Ugyanilyen összefüggést állapított meg a fejlettebb agrotechnika javára a burgonyánál, a kukoricánál, a lucernánál és a lóherénél is, amelyeknél a csapadék hatásfoka 31—43, illetőleg fejlett agrotechnika mellett 60—80% között mozgott.

A növények vízigényével nagyon sok kutató foglalkozott, akik közül csupán *P. A. Iljenkovot* említem meg, aki már 1865-ben végzett kísérleteket a növények vízszükségletének mennyiségi meghatározására.

Ha a növények a tenyészidő alatt egyenletesen igényelnék a vizet, akkor — külföldi irodalmi adatok szerint — jó termés mellett hektáronként és óránként a kapásnövényeknek 0,7, a gabonaféléknek 0,8, a hüvelyeseknek és olajosnövényeknek 0,9, a gyapotnak pedig 1,2 m^3 vízre lenne szükségük. Minthogy azonban a növények vízszükséglete tenyészidejük alatt változik, a gyakorlatban ezeknél az átlagadatoknál időszakonként sokkal nagyobb értékekkel kell számolnunk. *Pfeiffer* és *Mitscherlich* szerint kultúrnövényeink maximális vízszükséglete hektáronként napi 40—70 m^3 között mozog, ami óránként 1,6—2,9 m^3-t jelent. *Balls* és *Green* kísérletei szerint a gyapot teljes kifejlődésében naponta hektáronként 50—55 m^3 vizet transpirál, ami óránként 2,0—2,5 m^3-nek felel meg.

Az egyes gazdasági növények vízfogyasztásának megállapítására az Intézetben is végeztünk és végzünk tenyészedény kísérleteket, amelyek során néhány olyan növény transpirációs koefficiensét is meghatároztuk, amelyekre az irodalomban még nem találtunk adatot. Az Intézet kutatómunkája során megállapított transpirációs koefficiens-értékek, összehasonlítva a bezencsuki kísérleti állomás, valamint *Briggs* és *Schantz* adataival, amelyeket külföldön, eltérő viszonyok között nyertek, a következők:

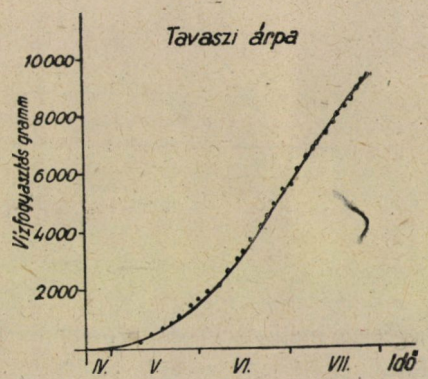
	Hank és Frank	Bezencsuki kísérleti állomás	Briggs és Schantz
Rostlen	820	—	905
Szója	810	—	—
Vöröshere	775	—	797
Burgonya:			
korai	407	—	636
kései	849	—	
Tavaszi búza	577	407	—
Tavaszi árpa	476	382	534
Zab	433	431	597
Kukorica	314	239	368
Köles	222	267	310
Kukorica csalamádé	205	—	—
Törpecirok csalamádé	175	—	—

A mi értékeink a bezencsuki kísérleti állomáson megállapított értékeknél magasabbak, Briggs és Schantz adatainál viszont alacsonyabbak.

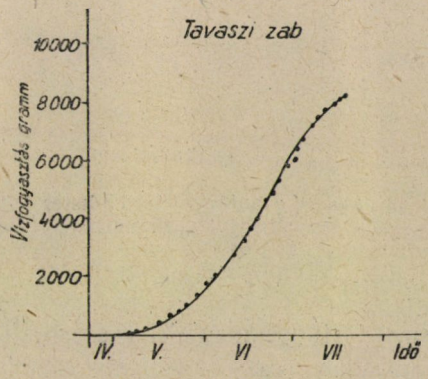
Annak jellemzésére, hogy a tápanyagellátás milyen mértékben befolyásolja a transpirációs koefficiens értékét, néhány szabadföldi kísérletünk eredményét közlöm:

Műtrágya kg./k. h.			Transpirációs koefficiens				
N	P	K	U 130 tav. búza Szarvas	Universál tav. árpa Szarvas	Universál tav. árpa Kúnhegyes	korai kukorica Bánkuti Szarvas	burgonya őszi rózsa Kunhegyes
0	0	0	575	436	481	397	809
90	180	0	403	373	419	372	763
180	270	0	357	341	369	389	*647*
180	270	130	343	341	378	341	767
240	360	0	*330*	326	381	*333*	764
300	270	0	379	*322*	*360*	344	663

A transpirációs koefficiensek ismerete — tájékoztató értékük ellenére is — támpontokat nyujt a növények öntözővíz szükségletére. Az öntözési sémák



1. ábra. A tavaszi árpa vízfogyasztási görbéje



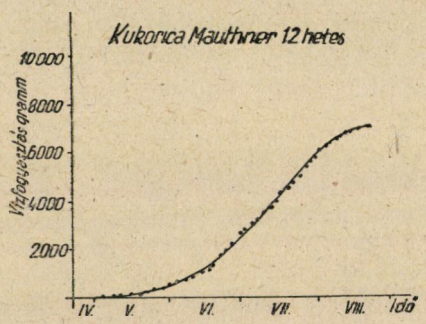
2. ábra. A tavaszi zab vízfogyasztási görbéje

összeállításánál az egyes növények transpirációs koefficiens-értékei alapján számolnak a vízszükséglettel.

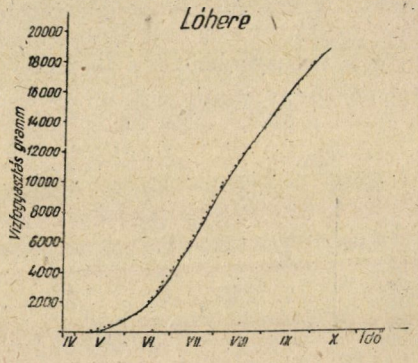
A növény vízfogyasztásának menete — mint tudjuk — nem egyenletes, hanem a növény fejlődési fázisai szerint hol vontatottabb, hol erőteljesebb. Ezért szükséges tudnunk azt is, hogy milyen a vízfogyasztás menete a fejlődés és növekedés során, mert így következtetéseket vonhatunk le az öntözés szempontjából fontos fejlődési szakaszokra. A vízfogyasztási görbe adja a növény úgynevezett *dinamikai* vízigényét, vagyis azt a vízmennyiséget, amelyet a növények a tenyészidő alatt ténylegesen elhasználnak. Ettől megkülönböztetjük a *statikai* vízigényt, amely a talajnedvesség és a talajlevegő legkedvezőbb

arányát fejezi ki. *Fehér Dániellel* és *Hank Olivérrel* munkaközösségben tenyészedénykísérletekkel állapítottuk meg, hogy az egyes növények fejlődése és növekedése a talajnedvesség és talajlevegő milyen aránya mellett a legkedvezőbb. A megvizsgált növények nagy különbségeket mutattak. Legnagyobb levegőigényűnek találtuk a borsót, amely akkor fejlődött a legkedvezőbben, ha a hézagtér 37%-át levegő töltötte ki. A legkisebb levegőigényt viszont a vörösherénél állapítottuk meg, a hézagtérfogat 12%-ában.

Azt, hogy öntözés után is elegendő levegő legyen a talajban, csak a tartósan morzsalékos szerkezet révén érhetjük el. Csak az ilyen talajban találhatja meg a növény a vizet, a levegőt és a tápanyagot egyidejűleg a legkedvezőbb mennyiség-



3. ábra. A Mauthner-féle 12-hetes kukorica vízfogyasztási görbéje



4. ábra. A lóhere vízfogyasztási görbéje

ben. A tartósan morzsalékos szerkezetet — megfelelő meliorációs és agrotechnikai rendszabályaival — *Viljamsz* komplex földművelési rendszere biztosítja.

A növények életében megkülönböztethetők egyes olyan szakaszok, amelyekben az életfeltételét jelentő egyes tényezőkkel szemben különös igényeket támaszt. Ezek a *kritikus* időszakok. Az öntözés szempontjából az egyes növényeknek a csapadékkal szemben jelentkező kritikus időszakainak ismeretére van szükség. Ezekben az időszakokban a nedvességhiányra különösen érzékenyen reagál a növény, illetőleg az öntözést nagyon meghálálja. Ezzel szemben vannak a növény életében olyan időszakok is, amikor nincsen szüksége sok nedvességre, sőt az ronthatja a termés minőségét. Ilyen időszak pl. a Gramineáknál a viaszéréstől az aratásig terjedő idő, vagy a cukorrépánál a cukorfelhalmozódás időszaka.

A növényeknek a fejlődés különböző szakaszaiban fennálló vízigények megállapítására az irodalomban többféle eljárással találkozunk. Ezek egyike a

terméstatisztikai módszer, melynek lényege az időjárási elemek és a termés-eredmények közötti összefüggésnek nagyobb területeken való megállapítása a korrelációszámítás különböző eljárásaival, valamint a legjobb és legrosszabb termésű évek módszerével. E téren nálunk *Berényi* munkássága szolgáltatott értékes eredményeket. A másik, a kísérleti módszer, különböző kezelésű tenyészedény vagy szabadföldi kísérletek alapján. Eszerint az utóbbi szerint folyt az Intézet ily irányú kutatómunkája is, bár összehasonlításul az előző módszer is alkalmazást nyert.

Az öntözés időpontjának megállapításánál még egyes növényélettani törvényszerűségeket is tekintetbe kell vennünk. Tudjuk, hogy minél töményebb valamely talajoldat, annál nagyobb annak ozmotikus nyomása, és annál kevésbbé hozzáférhető az a növény részére, tehát annál nagyobb a holtvíztartalom. Amellett minél kevesebb a víz a talajban és minél kisebb a talaj vízkapacitása és vízvezetőképessége, annál kisebb ozmotikus nyomásnál lép fel a hervadás. Minél kevesebb tehát a talaj hasznosítható vízkészlete, és minél kisebb a víz mozgékonysága, annál nagyobb energiafelhasználással és annál kisebb mennyiségben veszi azt fel a növény, természetszerűen annál vontatottabb a növény növekedése, és alacsonyabb a termés is. Ebből következik, hogy az öntözéssel nem szabad addig várnunk, míg a talaj vízkészlete eléri a hervadási pontot, hanem a talaj azon nedvességi állapotánál, amelynél a talajoldat ozmotikus nyomása nő, és mozgékonysága annyira csökken, hogy a növény gyarapodása, illetőleg növekedése lassubbodni kezd, öntözni kell. Ez az állapot valószínűleg akkor következik be, amikor a talaj mozgó vízkészlete kimerül. Minthogy a növény összes életfolyamatai közül a növekedés az, amely a vízhiányra legérzékenyebben reagál, a növény hosszirányú növekedése jó indikátor a vízszükséglet tekintetében. Kísérleteinket jelenleg oly irányban folytatjuk, hogy a növény magassági növekedésének pontos rögzítése útján meghatározzuk a növekedés intenzitásának csökkenésekor a talaj vízkészletét. *Eképen kívánjuk megállapítani növényenként és fejlődési fázisonként a talajnak azt a nedvességi állapotát, amelynél öntözni kell.*

Cserkaszov ezt a nedvességi állapotot minimális nedvességi állapotnak mondja és számszerű értékét a növény tulajdonságaitól függően nem-sós talajoknál a vízkapacitás 65—75%-ában, sós talajoknál 75—80%-ában jelöli meg.

A következőkben az egyes növények vízigényéről való ismereteinket röviden összefoglalom és vázolom néhány kísérleti eredményünket.

A kalászosok bokrosodásukhoz általában sok vizet igényelnek. A bokrosodás időszakában nemcsak szárakat hajt a növény, hanem erre az időszakra esik a kalász kezdeti kialakulása is. Éppen ezért a gabonaneműek fejlődésének ez az időszaka a legdöntőbb. A szárbaszökés idejében a növény erőteljesen növekszik, ebben az időszakban a legnagyobb a vízfogyasztása. A kalászolás idejében is erőteljesen reagál a talaj nedvességtartalmára, vízfogyasztása még jelentős, az érés időszakában azután csökken. *F. D. Szkaszkin* a kalászosoknak két kritikus

vízfogyasztási fázisát jelöli meg. Az első az átmenet a fénystádiumba, amikor befejeződik a hónaljrügyek fejlődése, a második pedig a fénystádium vége, amikor elkezdődik a szaporítószervek képződése.

Az őszi búza bokrosodása idejében többnyire még kielégítő a talaj vízkészlete, nálunk rendszerint a májusi csapadék döntő, az őszi búza termésére. *Azzi* szerint az őszi búza öntözésével a legjobb eredményt akkor érték el, ha 15—20 nappal a kalászhányás előtt öntözték. Az Intézet telepein végzett kísérletek során nagyon jó eredményeket értünk el az őszi gabonák alá adott tárolóöntözéssel.

A tavaszi búza lényegesen csapadékigényesebb és így a tavasz folyamán több vizet kíván, mint az őszi búza, miután kritikus időszakai későbbi időpontra esnek, amikor a zavartalan fejlődéshez már rendszerint nem elegendő a talaj vízkészlete.

A tavaszi árpa legnagyobb vízfogyasztása a szárbaszökés idejére esik. A vízellátás szempontjából a bokrosodás az árpa kritikus időszaka.

A tavaszi zab kritikus időpontját *J. A. Puljman* a bugahányás előtti 10 napos időre teszi. *Brower* szerint 10—14 nappal a kelés után, amikor legnagyobb a tápanyagfelvétel, a zab nagyon megsínyli az elégtelen vízellátást.

A köles vízgazdálkodás tekintetében némileg elkülönülten áll a gabonafélék között, azzal a sajátságával, hogy amikor a talaj vízkészlete kimerül, összesodródik és életműködését minimumra csökkenti. Mihelyt azonban elegendő vizet kap, hirtelen fejlődésnek indul és nagy termést adhat. A köles egyike azoknak a növényeknek, amelyeknek vízháztartása a leggazdaságosabb és így transpirációs koefficiense nagyon kicsi.

A kukorica kritikus időszakának megállapításával *Azzi* foglalkozott. aki vízellátás szempontjából két egymást követő fázist jelöl meg kritikusnak, mégpedig a címer megjelenésétől a teljes beporzásig és ettől a tejes érésig tartó időszakot. Az elsőben a vízhiány általában a csőképzést és a bibék fejlődését akadályozza és így csökkenti a megtermékenyülést. A másodikban viszont a cső súlyának gyors növekedésével megyarázható a vízellátás fontossága.

A napraforgó vízigénye a tányérképződéskor és a virágzáskor jelentkezik.

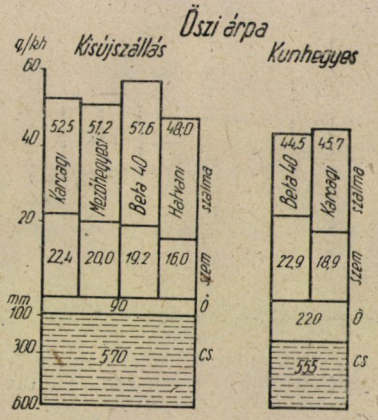
A cukorrépa és a *takarmányrépa* a nagy vízigényű növények közé tartozik. A cukorrépa fejlődésében három fő időszakot különböztetünk meg. Az elsőt a levelek fokozott növekedése, a másodikat a gyökerek fejlődése, a harmadikat a cukorfelhalmozódás jellemzi. A vízszükséglet a második időszakban a legnagyobb, amikor a gyökerek erőteljesen növekednek és még a levelek növekedése sem csökken. *V. V. Kolpakov* szerint a cukorrépánál a talaj kívánatos nedvessége az első időszakban a vízkapacitás 60—70%-a, a másodikban 80—90%-a a harmadikban pedig 50%-a.

A burgonya vízigénye kezdetben csekély, ebben az időszakban jól szellőzött talajt és meleget kíván. Csapadék szempontjából kritikus időpontja a

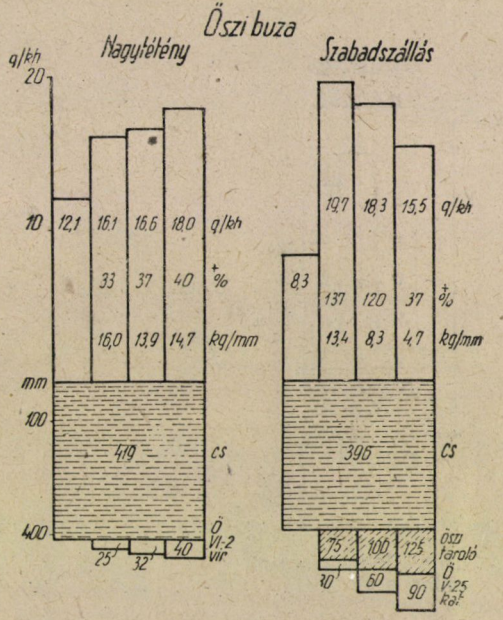
virágzás idejére esik. A gumók növekedése idejében egyenletes vízellátásra van szüksége.

A lucerna, vöröshere és *füvesherék* vízigénye igen nagy. A herefélénél általában az első év a kritikus idő, amikor rendkívül fontos, hogy a folyamatos vízellátás biztosítva legyen, mert ilyenkor a gyökerek a mélyebb talajrétegeket még nem hálózzák be. A herefélék és füvesherék öntözésének ideje a kaszálás utáni 6—8 nap és ha szükséges, kaszálás előtt 8—10 nappal, még egy öntözés adható, ami a kaszálás utáni sarjúképződést nagyban elősegíti.

Az Intézet szarvasi, kisújszállási és kopáncsi telepén külön herefüves



5. ábra. ö = tároló öntözés, *cs* = tenyészidő alatti csapadék



6. ábra. cs = tenyészidő alatti csapadék, *ö* = öntözés, Nagytétényben virágzáskor, Szabadszálláson kalászoláskor. A kat. holdankénti szemtermés q-ban legfelső számsor, második számsor terméstöbblet %-ban, harmadik számsor 1 mm öntözővízre eső terméstöbblet kg-ban kat. holdanként

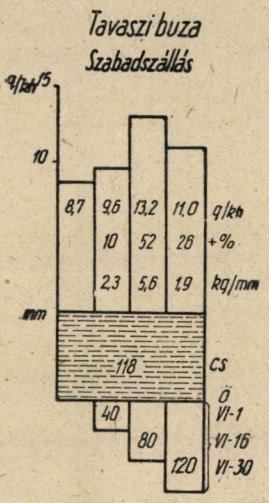
teleprészek voltak, a különböző talajféleségeken az öntözést legjobban meghálálóló keverékek és azok legjobb agrotechnikájának megállapítására.

Az öntözés időpontjának és a felhasználandó öntözővíz mennyiségének megállapítására általános érvényű módszert *Kosztjakov* dolgozott ki.

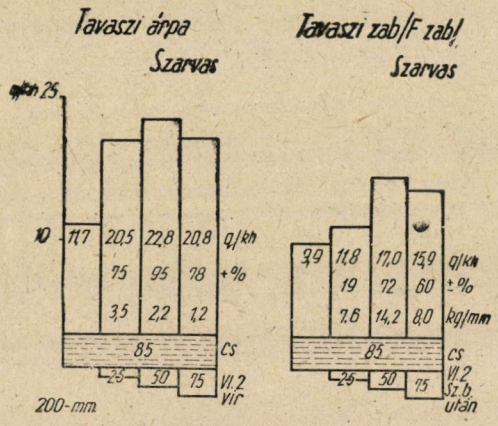
Kosztjakov módszere a talaj vízkészlete, a várható csapadék, az előrelátható termés alapján a transpirációs koefficiens segítségével számított transpi-

ráció, a talaj párolgása és a mindenkori gyökérzóna figyelembevételével határozza meg az öntözés idejét és az öntözővíz mennyiségét. Ezt az úgynevezett öntözési sémát minden egyes esetben a talaj nedvessége szerint, az összes befolyással bíró tényezők figyelembevételével állapítja meg.

A tényzők, amelyek az öntözést befolyásolják, annyira nagyszámúak és változékonyak, hogy az egyes növényekre mindenütt érvényes öntözési sémát, illetőleg normát felállítani éppen úgy nem lehet, mint ahogy nem lehet sematikusan meghatározni a többi agrotechnikai eljárást, pl. a trágyázást, vagy a talajművelést sem. Csupán általános érvényű irányelveket adhatunk és ezek helyes alkalmazására jól képzett szakkádereket kell nevelnünk. A sémák nagy jelentősége



7. *ábra.* Jelmagyarázat, mint a 6. ábrán

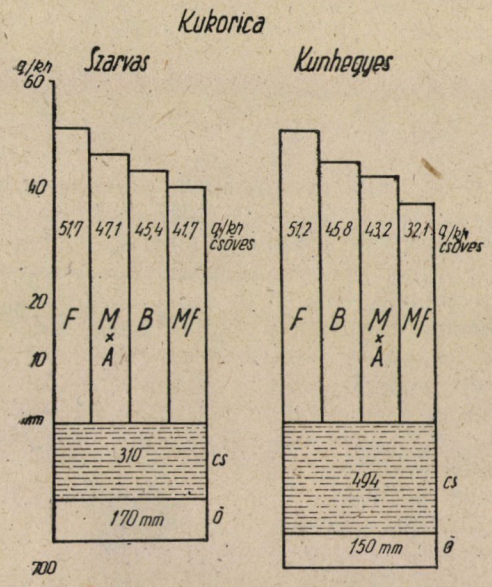


8. *ábra.* Jelmagyarázat, mint a 6. ábrán. A tavaszi zab öntözése Szb után, = szárbaszökés után.

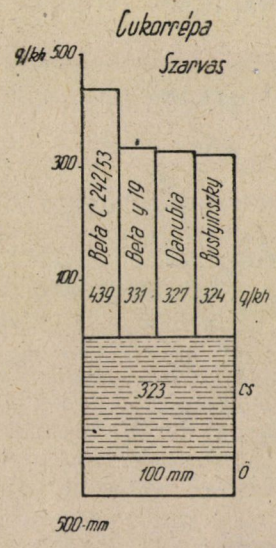
abban van, hogy a tervezési munkát és az öntözés megszervezését a vízszükséglet és vízfelhasználás átlagos értékeinek felhasználásával nagymértékben megkönnyítik.

A gazdasági növények vízigényének kutatása mellett agrotechnikai kísérleteket végzett az Intézet, az öntözéses növénytermelésben leginkább megfelelő tenyészterületek és trágyázás megállapítására és öntözéses fajtaösszehasonlító kísérleteket is folytatott az öntözésre leginkább reagáló fajták és fajtaváltozatok kiemelése céljából.

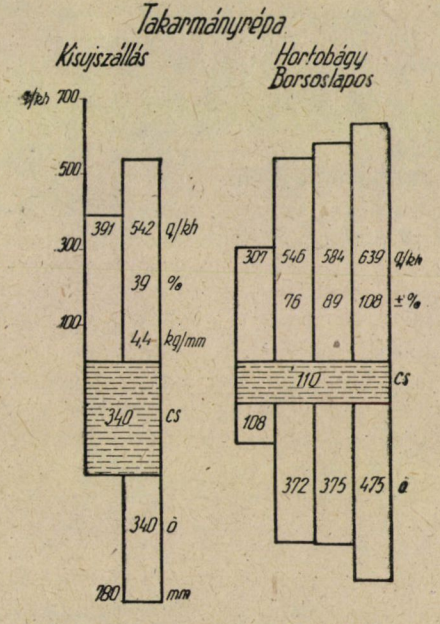
Az 1—12. ábrán az Intézet néhány kísérleti eredményét mutatom be. *Az 1—4. ábra* a tavaszi árpa és zab, valamint a Mauthner-féle 12 hetes kukorica és a lóhere vízfogyasztási görbéjét tünteti fel. *Az 5—12. ábra* különböző növények terméshozamának az öntözővíz mennyiségével való változását mutatja be.



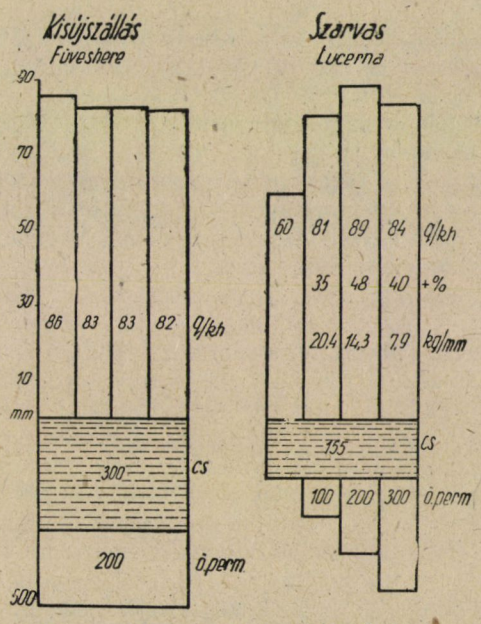
9. ábra. F = Fleischmann, B = Bánkúti korai, M = Mindszentpusztai fehér gömb, M × A = Mindszentpusztai fehérgömb és Aranyözön heterozis



10. ábra. cs = tenyészidő alatti csapadék, ö = öntözővíz mennyiség



11. ábra. Jelmagyarázat, mint a 6. ábrán.



12. ábra. Jelmagyarázat, mint a 6. ábrán

HOZZÁSZÓLÁSOK

FRANK MELANIE előadásához.

OROSZLÁNY ISTVÁN

Az Intézet kultúrtechnikai kísérletei elsősorban annak vizsgálatára terjedtek ki, hogy a gépesített nagyüzemi szocialista öntözőgazdálkodás követelményei mennyiben módosítják az öntözőtelepek tervezésénél és építésénél eddig alkalmazott megoldásokat, továbbá, hogy a modern öntözőgazdálkodás keretében, a különböző öntözőmódszerek milyen feltételek mellett alkalmazhatók.

Ezeknek a kérdéseknek tanulmányozása és kutatása céljából már az 1950. év folyamán előkísérleteket végzett az Intézet és 1951. évi kísérletei során az előkísérletek révén nyert eredményeket használta fel. Bár az 1951. évi kísérletek eredményeinek végleges kiértékeléséhez még a folyamatban levő laboratóriumi vizsgálatok során megállapítandó adatok is szükségesek, az eddig szerzett tapasztalatok közreadásának nincs akadálya.

Az 1950. évi előkísérletek sok nehézséggel, felszereléshiánnyal és kialakult kísérleti módszerek nélkül indultak meg, mégis bizonyos vonatkozásban tényleges megállapításokhoz vezettek. A kísérletek eredményességét és a beütemezett tervnek időelőtti megoldását az tette lehetővé, hogy a vonatkozó szovjet szakirodalom feltárása olyan adatoknak ismeretéhez vezetett, melyekről a kísérletek megindításakor még nem volt tudomásunk.

Az 1950. évi előkísérletekből levont következtetések alátámasztására az Öntözési és Talajjavítási Kutató Intézet 1950. évi Évkönyvében táblázatosan összefoglalva bemutattuk a barázdás és sávos módszerrel végzett kísérleti eredményeket. Ezekből a következőket állapíthatjuk meg.

A barázdába adagolt vízsugár nagyságával arányosan nő a vízmozgás sebessége. Ezt a különben várható összefüggést azonban a talaj víznyelőképessége nagy mértékben befolyásolja. A nagyobb víznyelőképességű talajokon a barázdában haladó vízsugár elejének sebessége, ugyanazon induló vízsugarat feltételezve, kisebb, mint kötöttebb, tehát kisebb víznyelőképességű talajokon. Ugyanez áll a sávos öntözésre is. Általában kétféle módon végeztük a vízadagolást, éspedig kis terepesésnél és viszonylag kötöttebb talajon a vízelnyeléstől függetlenül oly gyorsan adagoltuk a vizet a barázdába, a sávba, amint az talajerózió nélkül lehetséges volt. A vízadagolást nagyobb terepesés és nagyobb víznyelőképesség mellett úgy szabályoztuk, hogy a vízadagolással párhuzamosan a talaj vízelnyelését is figyelembe vettük.

Az első esetben attól függ az adagolható maximális vízsugár, hogy a kérdéses talajra nézve mekkora a mozgó víz talajmosást még nem okozó úgynevezett határsebessége. Ez a határsebesség a kötöttebb talajok felé haladva emelkedik. Az eddigi kísérletek során megfelelő felszerelés hiányában a határsebességek számszerű megállapítása nem volt lehetséges, így ezen a téren mindezideig szubjektív megfigyelésekre vagyunk utalva. Ezért ma még nem tudjuk megállapítani azt, hogy a szakirodalomból ismert ilyen vonatkozású adatok — viszonylag kötött talajaink mellett — mennyiben helytállóak, illetőleg hogy kötött talajainkon az irodalomban megadott határértékek nem volnának-e növelhetők. A gyakorlat számára a megengedhető határsebesség növelése lehetségessé tenné az öntözések végrehajtásának meggyorsítását s ezzel az öntözési munkák termelékenységének fokozását.

Abban az esetben, amikor a vízadagolással párhuzamosan figyelemmel kell lenni a talaj vízelnyelőképességére is, a terep esése, a talaj vízelnyelőképessége, illetőleg a barázdák és sávok méretei, nemkülönben az adagolandó vízmennyiség, csaknem egyértelműen határozzák meg az alkalmazható vízsugarat, s ezzel összefüggésben az adagolási időt. Adott viszonyok között ugyanazon vízsugár esetében is az öntözendő barázda-, illetőleg sávhosszal összefüggésben nő az adagolási idő, ugyanakkor azonban az egyenletes vízelosztás csak növekvő vízoszlopmagasság mellett érhető el. Barázda-, illetőleg sávhálózatok megtervezésekor tehát figyelemmel kell lennünk arra, hogy az egyes öntözések alkalmával milyen öntözővízmennyiséget kívánunk a talajra juttatni.

Az 1950. év során az adagolási idő a beállított barázdától, illetőleg sávtól és vízsugártól függően más és más volt. Általánosságban tartottuk ugyanis azt a részünkről akkor önkényesen felállított szabályt, hogy a vízadagolást addig folytatjuk, míg a vízsugár eleje a barázda, illetőleg sáv végéhez nem ér. 1951-ben az előző év tapasztalatai és eredményei alapján, a kísérleti öntözések során, már előre megszabtuk az öntözés feladataként, hogy milyen vízmennyiség kerüljön adagolásra és e célból a talajviszonyok, valamint barázdaméretek alapján számítással határoztuk meg az adagolandó vízsugár nagyságát és az adagolás idejét. Eljárásunk helyességének ellenőrzése céljából a számítással meghatározott alapvízsugár mellett csökkentett és növelt vízsugarakat is alkalmaztunk. A folyamatban levő kiértékelések lesznek hivatva annak felderítésére, hogy a számítástól eltérő vízadagolás milyen mértékben befolyásolja a vízelosztás egyenletességét.

Tekintettel arra, hogy az adagolandó vízsugár nagysága a talaj vízelnyelőképességétől is függ, megfigyeléseket végeztünk a talaj vízelnyelőképességének időbeni változására is. E célra *Müntz-Lainé*-féle készüléket használtunk. A talajnak Müntz-Lainé szerint értelmezett vízvezetőképessége akkor jelentkezik, amikor az időegység alatt beszivárgó víz mennyisége állandósul. Ez az állapot csak bizonyos idő eltelte után áll be, mert a vízadagolás kezdetén az időegység alatt nagyobb vízegységet nyel el a talaj, majd csökken mindaddig, amíg a *Müntz-Lainé*-féle vízvezetőképességi értéknél nem állandósul.

Miután a *Müntz-Lainé*-féle vízvezetőképességi érték eléréséhez aránylag hosszabb idő szükséges, mint a kisebb öntözővízmennyiségek adagolásának időtartama, ennélfogva a barázdákban, illetőleg sávokon végzett öntözéseknél a vízadagolást nem a *Müntz-Lainé*-féle állandósult vízvezetőképességi érték, hanem az ennek beállta előtt mutatkozó vízelnyelés alakulása szerint kell szabályoznunk. Ezt az időben változó vízelnyelési értékeknek koordinátarendszerben való ábrázolásával világíthatjuk meg. A nyert vízelnyelési görbe indulási pontja egyazon talajon is eltérő volt, aszerint, hogy a vízadagolás megindításakor mekkora volt a talaj nedvességtartalma.

Az ezúton nyert adatok alapján még további ellenőrzésre szoruló összefüggést sikerült megállapítanunk. E szerint $\frac{MM \cdot B_k}{B_t} B_h : T_{MM} = Q_B$, ahol MM a *Müntz-Lainé* készülékből T_{MM} idő alatt a talajba szivárgott vízoszlopmagasság; B_k az alkalmazott barázda nedvesített kerülete ; B_t a barázdák távolsága, B_h a barázdák hossza. T_{MM} az az idő, amely alatt MM vízoszlop a *Müntz-Lainé* készülékből a talajba beszivárgott, Q_B a barázdába adagolandó vízsugár.

Az egyenlet alapján kiszámítható, hogy bizonyos adagolandó öntözővíz mennyiség esetében a Müntz-Lainé adatok figyelembevételével és adott barázda-

méretek mellett, milyen vízsugár adagolandó a barázdákba úgy, hogy az a barázda hosszában végigfolyva folyamatosan szivárogjon be a talajba. A képlet hiányossága, hogy a terep esését nem veszi figyelembe. Ez a hiányosság a folyamatban levő laboratóriumi vizsgálatok alapján kiküszöbölhető lesz.

Az öntözővíz értékesülésének felderítésével kapcsolatos kutatásaink keretében vizsgáltuk, hogy az öntözött talaj felső 50 cm-es rétegében kimutatható nedvességszaporulat miként aránylik a felhasznált öntözővíz mennyiségéhez. A két érték hányadosa az öntözővíz felhasználási fokát fejezi ki. A nedvességszaporulatot a vízmozgás gyakorlatilag értelmezett megszűnése után mértük, tehát laza talajokon 24 órával, kötött talajokon pedig 48 órával az öntözés után. Természetesen, hogy ha a talajban az öntözővíz teljes mennyisége kimutatható, úgy az öntözővíz felhasználási foka egységnyi, viszont minél kisebb a talajban kimutatható nedvességszaporulat, annál kisebb az öntözővíz felhasználási foka. Kísérletünk során azért vettük csak a talaj 50 cm-es rétegét figyelembe, mert a tenyészidő alatt végzett öntözésekkel ennél mélyebben általában nem nevesítjük át a talajt.

A különböző öntözőmódszerekkel több sorozatban végzett 1950. évi kísérletek adataiból kiszámítottuk az öntözővíz felhasználási fokait és azokat koordináta rendszerbe raktuk fel. Az így nyert görbe alapján a következő összefüggések állapíthatók meg:

Az alkalmazott öntözőmódszerek közül csak a barázdás áztató módszerrel tudtunk 100 mm-nél kisebb öntözővíz mennyiséget egyenletesen a talajba juttatni. Ugyanezen öntözőmódszerrel 100 mm-nél nagyobb öntözővízmennyiségek alkalmazásánál a felhasználás hatásfoka romlott. A sokszor túl magas vízadagok felléptének oka az volt, hogy 1950. évben, mint azt már említettem, a vízsugár nagysága és a vízadagolás ideje még előzetes számítás alapján nem nyert megállapítást, s így a barázdaméretek és a vízsugár kevésbbé feleltek meg a terep- és talajadottságoknak. Azt, hogy az előkísérletek eredményeinek felhasználásával végzett 1951. évi kísérletek során mennyivel kedvezőbb öntözővíz felhasználást sikerült elérnünk, a még folyamatban levő részletes kiértékelés fogja eldönteni.

A sávos öntözőmódszernél a 100 mm körüli öntözővízmennyiségeknél volt az öntözővíz felhasználási foka a legkedvezőbb. De romlott az öntözővíz felhasználási foka ennél az öntöző módszernél is akkor, ha a vízadagolást helytelenül méreteztük s ezzel az adagolt vízmennyiség erősen megnőtt. Kitűnt az is, hogy 100 mm-nél kisebb öntözővízmennyiségek egyenletes elosztására a sávos csörgedeztető módszer még helyes méretezés és kivitelezés esetén is kevéssé alkalmas.

Kedvező viszonyok között — összehasonlítás céljából — végzett csörgedeztető öntözésnél 200 mm-ben mutatkozott a minimális öntözővíz szükséglet, az ugyanilyen célból árasztással megöntözött herefüves táblán pedig 280 mm öntözővízre volt minimálisan szükség.

A talajnedvesség változása öntözés előtt és után a tábla különböző pontjain azt mutatja, hogy az öntözővíz egyenletes elosztását a kísérleti viszonyok mellett inkább befolyásolja a mikrodomborzat, mint a terep esése, vagy a makrofelszín egyenetlensége. A terep esése, illetőleg tagoltsága általában figyelembevehető olyképen, hogy az öntözés irányát és az alkalmazandó méreteket módunk van a helyi adottságok alapján előre megszabni. Ezzel szemben a mikrodomborzati egyenetlenségek (kis kiterjedésű, 5—10 cm nagyságrendű

terephullámok, illetőleg mélyedések) az egyenletes öntözővíz elosztását igen megnehezítik. A mikrodomborzati különbségek kiküszöbölése nem oldható meg az általánosságban ismert tereprendezési eljárásokkal, mert bármennyire is sikerülne egy viszonylag tagolt terepet nagy gépekkel planíroznunk, egy rosszul végzett szántás vagy más talajmunka a mikrodomborzati egyenetlenségeket újból előállíthatja. Ezért a mikrodomborzati egyenetlenségeket állandóan figyelmünk kell és kiküszöbölésükre az öntözőgazdaságoknak kellőképpen fel kell készülniök. Ezeknek az egyenetlenségeknek leküzdésére az eddig alkalmazott simítón kívül Intézetünk folyó év folyamán egy traktorvontatású kis talajgyalut készített, abból a célból, hogy a mintadarab kipróbálásával és az egyengetés munkamódszerének kidolgozásával olyan eszközt adjon az öntözőgazdaságok kezébe, amellyel terepviszonyaikat állandóan a megfelelő mértékig szabályozni tudják. Ez természetesen nem zárja ki a hullámos terepek planirozásának szükségességét.

Az árasztóöntözés kivételével minden esetben sikerült az öntözést úgy megoldani, hogy csurgalékvíz elvezetése nem vált szükségessé. Ezzel mintegy igazolva látjuk azt, hogy az öntözés helyes kivitelezése mellett csurgalékvízzel számolnunk nem kell, hacsak az öntözés után váratlanul lehulló természetes csapadékból felesleges és káros vizek nem adódnak. Szélesköru öntözési bemutatóinkon sikerült ezt az állami gazdaságok és termelőszövetkezetek dolgozói előtt gyakorlatilag is bemutatnunk, bizonyítva, hogy a Szovjetunióban már bevezetett rendszer alkalmazására nálunk is meg vannak a lehetőségek s hogy így elérhető az öntözővíz jobb hasznosulása, illetőleg az öntözővízből adódó csurgalékvizek kiküszöbölése.

Ugyancsak sikerült igazolnunk azt is, hogy az öntözővíz vezetése megfelelő méretezéssel és adagolással egészen kis terepesések mellett is jól biztosítható, tehát nincs akadálya annak, hogy a gépesítés bevezetése, illetőleg a gépi munka termelékenységének fokozása érdekében a barázdákat az állandó jellegű öntözőcsatornákkal párhuzamosan képezzük ki s ezzel a munkagépek munkaúthosszát kellőképen megnöveljük.

Az öntözőhálózat gépi úton való elkészítése érdekében több munkagépet próbáltunk ki. Az öntözőbarázdák kialakítására legjobban a traktorvontatású *Kutz-kultivátor* vált be. A Kutz-kultivátor után könnyű fahengert kötöttünk s ezzel a célnak leginkább megfelelő barázda keresztmetszetet sikerült kiképeznünk. Ugyancsak több munkagéppel végeztünk kísérleteket a barázdák vízellátását szolgáló vízelosztóárok kiképzése céljából. Ezeknek a kísérleteknek eredményeként arra a megállapításra jutottunk, hogy rendes traktorekével, amelyre azonban csak az első és negyedik eketestet szereljük fel, a vízelosztóárkok — két menetben — igen célszerűen készíthetők el. Az így gépi úton kiképzett vízelosztóárkok a barázdák vízellátásához szükséges 20—30 lit/sec vízsugár vezetésére igen jól megfelelnek.

Nagyobb vízmennyiség 50—70 lit/sec vezetésére alkalmas ideiglenes öntözőcsatornák gépi kiképzéséhez viszont külön e célból szerkesztett munkagépeket alkalmaztunk. Ezek a kísérleti munkagépek a követelményeknek még nem minden tekintetben felelnek meg s ezért tökéletesítésükkel még jelenleg is foglalkozunk.

A sávos öntözés lényeges kérdése a sávokat elválasztó terelőgátak kialakítása. Az 1950. évi kísérleteink során a sávválasztó terelőgátakat olyan traktorvontatású ekével létesítettük, amelynek két ellentétesen dolgozó eketeste egy menetben két oldalról borította össze a terelőgátakhoz szükséges

földet. Ennek az eljárásnak nagy hibája volt, hogy a terelőgát létesítésekor az eke nyomán maradt barázdák az öntözővizet a sáv felületéről leszívták és az öntözővíz a sáv felületéről a barázdákba folyva, főleg azokon haladt a terepesés irányában és így a sáv területének jelentős részei szárazon maradtak. Ennek a hibának a kiküszöbölésére 1951. évben sávos öntözéseinknél a sávok elválasztására szolgáló terelőgátakat olyan ridgerekkel létesítettük, amelyek a sávválasztó töltés anyagát az egész sáv szélességéből terelték össze. Ez elejét vette annak, hogy a terelőgátak mellett közvetlenül barázdák keletkezzenek. Az alkalmazott ridgerek munkaszélessége azonban még igen kicsi volt, ami keskeny sávok, illetőleg sűrűn elhelyezett sávválasztó töltések létesítését tette csupán lehetővé. Az öntözési munkák termelékenységének fokozása, valamint a gépi kaszálás feltételeinek biztosítása érdekében szükségesnek látszott tehát, hogy a sávszélességet a terepviszonyoktól függően még lényegesen bővítsük. Ebből a célból jelenleg 10 méteres munkaszélességű ridger építésén dolgozunk.

Valamennyi öntözőrendszer közül az altalajöntözés veszélyezteti legkevésbbé a talaj szerkezetét és a külföldi irodalomban közölt kísérleti adatok szerint, de elméleti meggondolások alapján is, emellett az öntözési módszer mellett a legkisebbek vagy éppen teljesen elmaradnak a párolgási veszteségek. Az altalajöntözésre való berendezkedésnek azonban ma még nagy akadálya, hogy e célra sűrű, és éppen ezért költséges alagcsőhálózat szükséges. A gazdaságosabb megoldás érdekében a Szovjetunióban eredményes kísérleteket végeztek a talaj csőhálozatának vakonddrén ekével való elkészítésére. Ezek az eredmények vezették Intézetünket akkor, amikor az első gépvontatású művakondot megépítette és kisújszállási kísérleti telepén a vakond alagcsövezést és az ezzel összekapcsolt altalajöntözést kísérletileg előkészítette.

Jövő kísérleteink feladata lesz annak megállapítása, hogy a vakond alagcsövek állékonysága mennyi időre terjed, tehát hány év után lesz szükség a vakonddrén csőhálózat újjáépítésére, milyen hatással lesz ez az öntözőmódszer a talaj szerkezetére, a vízhasznosulás hatásfokára és végül, de éppen nem utolsósorban magára az öntözött növényzetre.

Ezekkel kívántam az előadó beszámolóját kiegészíteni, mivel kultútechnikai kísérleteink szervesen fűződnek az előzőkben ismertetett növénytermesztési kísérletekhez.

SALAMIN PÁL

Frank Melanie értékes előadását és *Oroszlány István* hozzászólás formájában elmondott értékes beszámolóját végighallgatva először is ki kell emelnem a Szarvasi Öntözési és Talajjavítási Kutató Intézetnek azt az együttműködési készségét, amelyet az I. számú Vízépítési Tanszék kutató és oktató személyzete minden egyes alkalommal tapasztalt, amikor a Kutató Intézet segítségére volt szükségünk, vagy közös feladataink adódtak. Ez az együttműködés tette lehetővé *1951-ben az első magyarországi öntözési-hidraulikai kísérleti állomás kiépítését* a Tanszék keretein belül ; ez az együttműködés eredményezte, hogy *hallgatóink* szigorlati tervezési munkájukban a Kutató Intézet egy mérnökének részvételével *a legújabb kísérleti eredményeket is felhasználták*, és ez a segíteni akarás vezetett arra, hogy a Tanszék egy kutatója bejárhatta nyáron a Kutató Intézet kísérleti telepeit és — mint a későbbiekben röviden ismertetni fogom — kiértékelte és továbbfejleszthette *Kosztjakov* szovjet professzor értékes öntözéshidraulikai eljárását.

Mindezek előrebocsátása után kiegészítem a *Frank Melanie* által bemutatott növényi vízigénykutatásokat és *Oroszlány István* által vázolt öntözéshidraulikai vizsgálatokat a Tanszék öntözési kutatási eredményeivel, hogy a magyar öntözési kísérletek teljes képét magunk előtt láthassuk.

A tanszéki munkaközösségnek 1951. évi kutató munkája kettős irányú volt: részben hidraulikai, részben vízgazdálkodási feladatok megoldásával foglalkoztunk.

A kifejezetten *hidraulikai feladatok* közül kiemelhetjük az öntözési vízhozammérőkre vonatkozó hidraulikai kísérleteinket. Ezen vizsgálatok egyik legérdekesebbét az Akadémiai Nagyhét tegnapi ülésszakán mutatta be a tanszék vezetője, *Németh Endre* professzor. Az ő utasításai, valamint az eredeti olasz elgondolások alapján végrehajtott vizsgálatok olyan *Venturi-mérőcsatorna* szerkesztésére vezettek, amelynél a mérendő vízhozam lineárisan növekszik a vízállással, s ezzel igen egyszerűvé válik a leolvasás, és lehetővé válik a vízhozamok időbeni változásának egyszerű szerkezettel való folyamatos rajzolása.

Másik érdekes hidraulikai munkánk *Kosztjakov* szovjet professzor öntözéshidraulikai eredményeihez kapcsolódik. A tanszéki munkaközösség egyik tagja, *Szabó László* ugyanis *Kosztjakov* szovjet professzornak az öntözőbarázdákra vonatkozó értékes hidraulikai módszerét igyekezett elméleti úton a magyar viszonyokra alkalmazni. Vizsgálatai közben jelentős egyszerűsítéseket sikerült elérnie. Új eljárásának megértéséhez vázoljuk röviden *Kosztjakov* professzor módszerét:

Kosztjakov részletesen vizsgálta az *öntözési barázdákba áramló víz mozgásának törvényszerűségeit.* Vizsgálatainál *Chézy* képletéből indult ki és a barázdákat számítási könnyebbség kedvéért trapézalakúnak fogta fel. További számításaiban feltételezte, hogy a barázdából a talajba beszivárgó vízmennyiség a vízmélység valamilyen hatványával arányos:

$$w = k_0 \cdot y^m,$$

ahol k_0 egy beszivárgási állandó és $m<1$ tényezőt jelent, majd levezette az öntözési hossznak, a lefutási normának, a tulajdonképpeni normának, az öntözési időtartamnak és az öntözési barázdák távolságának számítására alkalmas képleteket, és ezzel megoldotta hidraulikailag a barázdás öntözés bonyolult feladatát. Eljárása csak annyiban volt a gyakorlat számára nehézkes, hogy a kapott összefüggések eléggé bonyolultak voltak.

Ezeket az értékes összefüggéseket sikerült *Szabó Lászlónak* lényegesen egyszerűsíteni és a gyakorlat számára hozzáférhetőbbé tennie azzal, hogy a barázdákat nem trapézzal, hanem félkörrel helyettesítette. Félkörszelvény feltételezésénél ugyanis a szelvényt jellemző és a levezetésben jelentős szerepet játszó hidraulikus sugár (R) lényegesen egyszerűbb alakúvá válik:

$$R = \frac{r}{2} \text{ (ahol } r \text{ a félkör sugara),}$$

mint volt a trapézszelvénynél:

$$R = h \cdot \frac{\varrho + n_0}{\varrho + 2\sqrt{n_0^2 + 1}}$$

(ahol h a vízmélység, ϱ a vízmélység és a fenékszélesség viszonya, n_0 a rézsühajlás).

Az egyszerűbb R érték felhasználásával levezetett egyszerűbb végső összefüggésekkel *Szabó László* egyben olyan görbesereg kidolgozását javasolta, amelynek segítségével bármely talajfajtára, adott kezdeti vízmélységnél, megállapítható az alkalmazandó barázdahosszúság, vagy fordítva, adott barázdahosszúsághoz megállapítható a barázda elején szükséges vízmélység.

Szabó László elméleti megállapításait *Oroszlány István* kísérleti eredményeivel óhajtja bizonyítani.

A *vízgazdálkodási jellegű feladatok* közül bemutatjuk néhány szóban a »Tökéletes vízgazdálkodás« fogalmának bevezetésére, a lefolyási tényező meghatározására vonatkozó vizsgálatainkat, valamint az ezen vizsgálatok alapján kidolgozott öntöző- és lecsapolócsatorna vonalozási és tagosítási elveket.

Több évvel ezelőtt mutattuk ki, hogy a vízzel való gazdálkodás helyes iránya csak a *»tökéletes vízgazdálkodás«* lehet. Tökéletes vízgazdálkodásnak nevezem azt a vízgazdálkodási műveletet, amelynél az összes vízi jelenségeknek térben és időben való egységes szemlélete útján az adott vízi egységünkön jelentkező vízből minden csepp hasznos vizet visszatartok, tározok, minden csepp felhasználható vizet felhasználok, viszont minden csepp káros vizet a lehető leggyorsabban elvezetek. Ezt a vízzel való gazdálkodást úgy hajtom végre az évek folyamán, hogy igyekszem a tározási tér hasznos és káros részének arányát változtatni a hasznos tározótér javára, és ezzel mindinkább növelni a visszatartható és csökkenteni az elvezetendő víz mennyiségét. A vizsgálatok során önként adódott, hogy a tökéletes vízgazdálkodás csak akkor valósítható meg, ha vázolt szemléletünknek megfelelően teljes egységben alkalmazzuk a pillanatnyilag legmegfelelőbb agro- és hidrotechnikai eljárásokat. Vagyis az öntözési munkára kiértékelve megállapíthatjuk, hogy az öntözési jelenségek vizsgálata csakis az összes vízgazdálkodási jelenség egyidejű tanulmányozása mellett folytatható le, mert csak akkor valósíthatjuk meg a tökéletes vízgazdálkodást.

Ennek megfelelően, a tökéletes vízgazdálkodás szemelőttartásával vizsgáltuk meg az Alföld-fásítás kérdését — többek között öntözési vonatkozásaival együtt —, továbbá a lefolyási tényező alakulását és az öntözéssel kapcsolt és vízgazdálkodási szempontból megfelelő tagosítás alapelveit. Ezeket a vizsgálatokat itt nem részletezzük, csak arra mutatunk rá, hogy a vizsgálatoknak ily módon való végrehajtása eredményezte a *fásítás* vízgazdálkodási szempontból helyes értékelését, a *lefolyási tényező* meghatározásánál az országos talajtérképezésnél nyert fizikai állandók felhasználását, valamint a legkülönbözőbb felszínű terepeken a *tagosítás* megoldását.

SAJÓ ENDRE

Az előző hozzászólásoktól eltérően, növénytermesztési vonatkozásban kívánok az előadáshoz hozzászólni. Egyik kísérletünk célja az volt, hogy számszerű adatokkal döntsük el azt a kérdést, vajjon az öntözött herefüveseket célszerű-e védnövénnyel vetni, vagy sem. Kísérleti eredményeink szerint az éghajlattól függetlenül alföldi viszonylatban is védnövénnyel célszerű az öntözött herefüveseket vetni, mert ez sokkal gazdaságosabbnak bizonyult, mint a tiszta vetés.

Az öntözést legjobban meghálálő növényfajták felkutatása céljából öntözéses növényfajta-kísérleteket végeztünk. Ezeket a mult évben 824 fajtával

kezdtük el, ezidén azonban már mintegy 200 fajtára csökkent a kísérleti anyagunk. Részletes ismertetés helyett inkább azt tartom kiemelendőnek, hogy a hazai fajták közül általában azok váltak be jobban, amelyeket szárazgazdálkodás mellett használunk. A jó fajták viszonylag gyengébb helyre szorultak. Külön kell megemlítenem, hogy a *Fleischmann*-féle nemesített növényfajták — rostlen kivételével — átlagosan jobb helyezést értek el. Valószínűnek látszik, hogy egyes eddig elhanyagolt növényfajták öntözés mellett előtérbe kerülnek. A külföldi fajták általában nem bírták a mi klímánkat, bár néhány ezek közül is bevált.

KÁLLAY KORNÉL

Az előadás, véleményem szerint, a szocialista öntözött mezőgazdasági nagyüzemek hibátlan vízellátása, és így akadály nélküli működése érdekében rendkívüli horderejű.

Az előadás gyakorlati haszna abban nyilvánul meg, hogy kimutatja, miszerint a mezőgazdasági növények a legtöbb nedvességet legnagyobb és leggyorsabb fejlődési időszakukban vonják ki a talajból. A hazai éghajlati viszonyokat figyelembevéve ezt a rohamos növényfejlődési időszakot, az általában egy gazdaság keretében termesztett növényeket tekintve, május elejétől június hónap végéig tehetjük. A növények legmagasabb terméseredményének elérése érdekében tehát csaknem minden növényünket ebben az időpontban kell öntözésben részesítenünk, mert hiszen éppen ebben az időpontban használják fel a talaj nedvességkészletét.

Az öntözés a gazdaságon belül, de országosan is május és június hónapokban kiugró, csúcsszerű maximális vízigényt idéz elő az egész évi normális vízszükséglethez viszonyítva.

Ennek figyelembevétele, helyesen figyelembe nem vétele, az öntözőtelepek szivattyútelepeinek és öntözőcsatornáinak méretezésénél, egyszóval a maximális vízigény biztosításánál, óriási jelentőségű. Ha ugyanis az öntözőtelep egységnyi időn belüli maximális vízellátását nem a növények naptári időn belüli tényleges maximális igénye alapján számítjuk ki, akkor előfordulhat, hogy a vízszolgáltatás alacsony volta miatt az öntözőtelepen belül is marad olyan terület, amelyet megöntözni nem lehet és amely területen a növényzet az öntözés elmaradása miatt terméshozamában kárt szenved. *Frank Melanie* kísérletei és beszámolója alapján megvan a lehetőség, hiszen a mezőgazdasági öntözéses termelés vetésforgó keretében történik, hogy az öntözőtelepek vízszolgáltatása a növények maximális szükséglete alapján legyen meghatározva és biztosítva.

El kell tehát térni a legutóbbi időszakban és különösen a multban előszeretettel alkalmazott normák elavult számaitól, és etekintetben egyetértve a Bolgár Népköztársaság tudományos intézeteinek hasonló megállapításaival, *Frank* és *Hank* kísérletei és számításai alapján, a növények naptári időn belüli maximális vízigénye szerint kell szántóföldi öntözéseink vízellátását megtervezni és építeni.

Az előadás részleteihez inkább annak kiegészítése céljából szeretnék hozzászólni. Célom az, hogy néhány kérdés felvetésével további viták, esetleg további kutatások alapját vessem meg.

Előadó szerint a növényzet vízszükséglete nem abszolút érték, hanem »a termés nagyságán kívül, amely döntő módon határozza meg, nagyrészben

attól függ, hogy a fény, hő, levegő és tápanyagok milyen mértékben állanak a növény rendelkezésére. Nagy terméseknél az egységnyi szárazanyag termeléséhez felhasznált víz mennyisége csökken, tehát kisebb lesz a transpirációs koefficiens, azaz az egységnyi szárazanyag termeléséhez szükséges vízmennyiség és nő a párologtatás termelékenysége, vagyis az egységnyi víz felhasználása közben képződött száraz anyag.«

Makszimov alapján ugyancsak nagyon helyes megállapítása az előadónak, hogy a növény morfológiai sajátosságai inkább csak jelzik a növény vízgazdálkodási jellegét.

A mezőgazdaságban termelt növényfajok transpirációs koefficiense minden termelési tényező azonos biztosítása mellett is rendkívül változó. Vonatkozik ez a megállapításom nemcsak a mezőgazdaságban termesztett növényfajokra, hanem a fajokon belül a fajtákra is. Tehát feltétlenül helytálló Makszimovnak az a megállapítása, hogy a növény vízgazdálkodási jellegét a plazma határozza meg.

Az egyes növényfajok és fajták párologtatási koefficiensében, tehát vízfogyasztásában, a növényfaj és növényfajta keretében azonban még óriási különbségek lehetnek. *Poszpeljov* említést tesz arról is az »Esőztető öntöző berendezések« című könyvében, hogy nem trágyázott, táplálóanyagokban szegény talajokon termesztett káposzta párologtatási koefficiense kétszer, sőt háromszor akkora volt, mint az istállótrágyázással és műtrágyázással, táplálóanyagokkal bőven ellátott káposzta párologtatási koefficiense, tehát tényleges vízfogyasztása. Ugyanezt igazolják Hanknak a nyíregyházi kísérletekre vonatkozó feldolgozása, valamit saját tapasztalataim is, amelyeket az 1930-as évek végén Páter-rel együtt a szarvasi gazdasági tanintézet öntözött tangazdaságában szereztünk.

Véleményem szerint a növények vízpárologtatásánál a legdöntőbb szerepet a talaj táplálóanyag gazdagsága játssza és minden növény tényleges vízfogyasztása attól függ, milyen táplálóanyag-koncentrációjú az az oldat, amelyet felvesz és elpárologtat. Kétségtelennek tartom, hogy minden növény számára van egy optimális koncentrációjú talajnedvesség, amelynek felvétele mellett a legkevesebb víz elhasználásával a növény szárazanyagban a maximumot építi. Ha ez az oldat túlságosan koncentrált, a növény bizonyos határon túl már nem képes felvenni. Ha a koncentráció az optimumnál hígabb, feleslegesen párologtat el a növény vizet, amely párologtatás az optimális koncentráció mellett elpárologtatott víznek esetleg többszöröse is lehet. Az optimális koncentráció természetesen nemcsak a fő táplálóanyagokra, hanem a nyomelemekre is vonatkozik. Méginkább figyelemreméltó az, hogy a tápoldatban növényfajonként és fajtákon belül az elemek aránya bizonyos mértékig eltérő, sőt ez az arány ugyanazon növény fajtánál fejlődési időszakonként is változó lehet.

Véleményem szerint igen hasznos és értékes lenne, ha kiváló tudósaink kutatási irányukat az egyes növények és növényfajták legkisebb vízigényének megállapítása érdekében az optimális táplálóanyagkoncentráció meghatározása felé vennék. Ha ez sikerülne, úgy a rendelkezésünkre álló kozmikus tényezők felhasználásával és jó agrotechnika alkalmazásával öntözés és helyes trágyázás mellett könnyű lenne öntözött területeinken a maximális termést elérni. Csupán hangosan gondolkodom akkor, amikor élőszóval is feltételezem, hogy itt van a nyitja a Szovjetunió öntözött és öntözetlen területein az ismételten végrehajtott fejtrágyázással elért óriási terméseknek is.

Szerintem nem teljesen helytálló az előadónak az a fogalmazása, amit *Hank Olivér* nyíregyházi kísérleteivel kapcsolatosan mondott. Valószínűnek tartom, miután *Hank* a nyíregyházi homokjavító kísérleti gazdaságnak termés-eredményeit utólag dolgozta fel, vizsgálatainál Hank olyanképen járt el, hogy a lemért csapadék alapján az illető növény párologtatási koefficiensének normája szerint számította ki azt, hogy különböző agrotechnikai mellett a leesett csapadéknak hány %-át hasznosították a növények. Az az érzésem, hogy a számításnak a logikája hibás, mert a jó és a rossz agrotechnikában részesült növények nyilván egyformán kihasználták a teljes csapadékot, csupán a jó agrotechnikában és így jobb trágyázásban részesült növények ugyanakkora vízmennyiség felhasználásával magasabb termést hoztak és így több szárazanyagot termeltek, mint a kedvezőtlen agrotechnikában, tehát kevesebb felvehető táplálóanyagban részesült növények.

A növények vízfogyasztására szerintem az agrotechnikának leginkább a trágyázási része hat, a növényfajta, a vetési mód stb. már kevésbbé, a talaj művelése pedig épen nem, aprómorzsás állandó talajszerkezetet tételezve fel. A talaj helyes művelése nem annyira a növény vízfogyasztását, mint inkább a talaj általános vízgazdálkodását befolyásolja.

Hogy az előadó a párologtatási kofficiens mértékénél mennyire fontosnak tartja a táplálóanyagellátás mértékét, mi sem igazolja jobban, mint azok a kísérletek, amelyekről beszámolt a PNK. műtrágyázással kapcsolatosan. Szerintem ezen a nyomon kell kiemelkedően tovább haladni kutatásainak és ha eredményt ér el, kettős célt ért el: biztosította a maximális termésátlagok elérését, és a maximális termésátlagok eléréséhez a legkevesebb vizet használta fel. Erre a takarékosságra pedig vízben szegény országunknak igen nagy szüksége van.

BALOGH JÁNOS

Népköztásaságunkban a szocializmus építésének jelenlegi szakaszában a mezőgazdaság szocialista átszervezése van napirenden. Mezőgazdaságunk szocialista átszervezésének egyik fontos kulcsa a szocialista szektorok termelő erőinek fejlesztése. A termelőerők fejlesztésére rendelkezésre álló eszközök és módszerek között tekintélyes és jelentős helyet foglal el az öntözéses termelés elterjesztése is.

Kormányzatunk az öntözéses termelés tudományos alapjainak kutatására, megállapítására nagy súlyt helyez. Ez a tény már egyedül abból is megállapítható, hogy az öntözéssel és talajjavítással kapcsolatos kérdések tudományos tanulmányozására külön kutató intézetet a szarvasi Öntözési és Talajjavítási Kutató Intézetet hozta létre.

A Kutató Intézet idestova két esztendős fennállása alatt komoly munkát végzett. Mégis az öntözéses termelés vonalán még mindig sok kérdés vár megoldásra. Kétségtelen, hogy az öntözés vonalán folyó kutatómunka a mezőgazdaság többi területén eddig végzett tudományos munkával szembeállítva, csak igen csekély multra tekint vissza. És talán éppen ez a fiatalság, a kísérletek vonalán is, sokszor a fejlődést gátló hagyományok, tradíciók hiánya talán éppen ez teszi majd lehetővé a kérdések újszerű megoldásának megtalálását.

Nézzük meg, hogy az öntözés vonalán melyek azok a megválaszolásra váró kérdések, melyekre a felelet megadása éppen a mi Öntözési és Talajjavítási Kutató Intézetünkre vár. A kérdések bizony nem egyszerűek. Ilyen kérdések például, hogy az egyes talajféleségeken milyen növényeket öntözzünk? Az egyes

növényeket mikor, mennyi vízzel öntözzük? Az öntözéses termelésben az egyes növényeket milyen és mennyi trágyaanyaggal trágyázzuk? És a kérdések feltevését így lehetne folytatni még tovább.

A kérdések konkrét formában való megválaszolása ma még igen nehéz feladatnak látszik. Nehéz feladatok megoldásánál pedig helyes, ha a Szovjetunió tapasztalatainak gazdag tárházához fordulnak. És itt legyen szabad idéznem Rákosi elvtárs szavait: »A szocializmus építésének bizonyos fokán túl, minden értelmiségi munka minősége úgy nő és hatványozódik meg ahogy a marxizmus-leninizmus elmélete benne érvényre jut.«

Az egész mezőgazdaságban, s így az öntözéses termelésben is, a munka termelékenysége, a termelés mennyisége a külső környezet különféle tényezői egész sorának mennyiségétől és minőségétől, jelenlététől vagy hiányától függ.

N. V. Vinogradova »A micsurini biológia alapjai« című munkájában azt írja: »Valamennyi élő szervezet jellemző tulajdonsága a külső környezettel való szüntelen kölcsönhatás, mely az anyagcserén keresztül valósul meg. Valamennyi szervezet, élete minden szakaszán a fejlődéshez és növekedéshez szükséges anyagot egyedül a külső környezetből kapja.«

A növényzet és környezete tehát állandóan változó dinamikus egységet alkot. A tényezők bármelyikének változása közvetlenül, vagy közvetve, kihat valamennyi körülményre és azokat mennyiségileg és minőségileg befolyásolja. *Engels:* »A természet dialektikája« című munkájában írja: »Ebből az egyetemleges kölcsönhatásból kiindulva jutunk el a valóságos okozati összefüggésekhez. Ahhoz, hogy az egyes jelenségeket megértsük, ki kell ragadnunk őket az általános összefüggésből, elszigetelten kell őket szemügyre vennünk és akkor a változó mozgások egyike oknak, a másika pedig okozatnak tűnik fel.«

A mezőgazdaság egész területén, tehát az öntözéses termelés területén is, a termékek mennyiségének és minőségének kialakítását eldöntő törvényszerűségek megismerése, hasonlóan az ipar, a kémia, a fizika és egyéb területekhez, a tényezők sokaságánál fogva renkívül nehéz, de nem lehetetlen.

Milyen módon lehet ezeket a törvényszerűségeket megismerni? A tudomány más területeihez hasonlóan, itt is, a mezőgazdaság, tehát az öntözéses termelés területén is, két módszer kínálkozik az előttünk ma még rejtett törvényszerűségek megismerésére: 1. az indukció és 2. a dedukció módszere.

A kémiában tapasztalati induktív úton ismertünk meg 90 egynehány elemet; a *Mendelejev*-féle táblázat törvényszerűségeinek felismerésével, létezésük szükségességének bebizonyítása után találtak rá a táblázatból hiányzó galliumra, germaniumra és skandiumra. Hasonlóképpen a mezőgazdasági kutatómunka területén is nem az egyik, nem is a másik, hanem a két módszer együttes alkalmazása fog valószínűleg a leggyorsabban, a legjobb eredményekre vezetni.

Az öntözéses termelés területén az eddigi kutatómunka főleg az indukció módszerét alkalmazta, tehát jóformán kimerült a széleskörű tapasztalatok gyűjtésében és azok feldolgozásában anélkül, hogy az esetek tekintélyes részében, ezekből a végső következtetések biztonsággal levonhatók lennének. A másik módszer alkalmazása pedig legelső feladatként az élő szervezetek és életkörülmények közötti összefüggések törvényszerűségek megismerését tűzné ki célul. Ezzel, a törvényszerűségek ismeretében az élő szervezetekkel, növényekkel foglalkozó termelési ágakat, az élettelen anyagokkal foglalkozó iparhoz, egyéb tudományágakhoz hasonlóan, olyan alkalmazott gyakorlati tudománnyá fejleszthetnők, amely nemcsak a bekövetkezett eseményeknek az utólagos magyarázatát adja, hanem a várható változásokat és eseményeket, az iparhoz

és a természettudományok egyéb ágaihoz hasonlóan, előre pontosan és biztosan kiszámíthatja. Ez pedig az ember tervszerű beavatkozását a termelés élettani folyamataiba a jelenleginél sokkal nagyobb mértékben tenné lehetővé.

Frank Melanie előadásában közli *Hank* és *Frank*, a *Bezencsuki Kísérleti Állomás*, valamint *Briggs* és *Schantz* adatait a különféle növények transpirációs koefficienseiről. A számok ugyanannál a növényféleségeknél is különböznek egymástól, pedig nyilvánvaló, hogy a különbségek oka nem a véletlen, hanem a különbségek a különféle környezeti tényezők változó egymásrahatásának a következményei. Ezt az egymásrahatást az összefüggésnek ilyen láncolatát pedig matematikai formába öntve, számszerűleg is ki lehetne fejezni.

Világszerte, a magasabb matematikának a mezőgazdaság, nevezetesen a növénytermelés területére való alkalmazására egyre többen gondolnak. A Szovjetunióban *T. D. Liszenko* is alkalmazta a matematikai kifejezés formáját a hőtényezőnek az egyes növényféleségek fejlődési fázisaira gyakorolt hatásának vizsgálatánál. És ennek alapján megállapítja, hogy a növények fejlődésének valamennyi fázisa szigorúan meghatározott termikus energiafeszültség mellett kezdődik; a fázisok időtartamát a hőtényező függvényében állapítja meg. Hazai viszonylatban *Osváth János* foglalkozik, éppen az Akadémia előtt fekvő tanulmányában, a matematikai statisztika alkalmazásával a mezőgazdaságban. Ebben a tanulmányban matematikai kifejezések formájába próbálja önteni, tisztán elméleti levezetések felhasználásával, valamely korlátolt vegetációs növekedésű növény összes gyarapodását, a teljes termelési idény alatt az életfeltételek közül 7 tényező változékonyságát feltételezve.

Az öntözés vonalán folyó kutatómunkának lehetne az a feladata, mivel a száraz termeléssel szemben az öntözés a termelési tényezők szélesebb skáláját tartja befolyásolási körében, hogy a ma még inkább elméleti értékű fejtegetéseit a matematikának a mezőgazdaságban az öntözéses termelés összefüggéseinek felderítésére való felhasználásával megkezdje, és ezzel mezőgazdaságunkat s ezen belül öntözéses termelésünket biztonságosabbá, tervszerűbbé tegye. Mert mint *T. D. Liszenko* mondja: »minél jobban megértjük a szervezetek és a külső körülmények kölcsönös kapcsolatát, annál jobban irányíthatjuk a szervezeteket, felhasználva a külső körülmények szabályozásában és kilakításában adódó lehetőségeket.«

HANK OLIVÉR

A csapadékhasznosulás hatásfokának kérdése, mind az előadás keretében, mind *Kállay Kornél* hozzászólásában szerepel. Ezzel kapcsolatban néhány kiegészítő szempontra kívánok rávilágítani. Nem kétséges, hogy a csapadékhasznosulás hatásfokát főleg a transpirációs koefficiens értéke dönti el, mert minél kisebb a termett szárazanyag súlyegységére eső vízfelhasználás, annál kedvezőbben hasznosul a csapadék. A csapadékhasznosulásnak azonban más — főleg a talajadottságok és talajszerkezet szerint eltérő — tényezői is vannak. így többek között a talaj vízvezető- és víztárolóképessége. Ez a magyarázata annak, hogy az egyes gazdasági növényeknél talajtájanként is más és más csapadékhasznosulási hatásfokokat észlelünk. Másként vezetik és tárolják a csapadékot a löszhátak mélyrétegű mezőségi talajai, másként a futóhomok, ismét másként a réti agyagok és a szikesek s ennek megfelelően változik a természetes csapadéknak a beszivárgó, elfolyó és elpárolgó hányada, amit a multban durván egyharmad-egyharmad-egyharmad arányra becsültünk.

Az újabb adatok azt mutatják, hogy a talajba szivárgó és növényzet útján hasznosuló hányad lényegesen nagyobb — 50—75% — is lehet az alkalmazott agrotechnika szerint. Ezt igazolják a *Berényi* adatainak felhasználásával — a legjobb termésű évek agrometeorológiai értékei alapján — végzett számítások, a Nyíregyházi Homokjavító Kísérleti Gazdaság eltérő agrotechnikával, vetésforgó rendszerben végzett kísérleteinek terméseredményei, és az Öntözési és Talajjavítási Kutató Intézet 1950. évi, ebből a szempontból is feldolgozott öntözéses műtrágyázási kísérletei. Utóbbiakról az »Agrártudomány« 1951. évi 3. számában feldolgozást közöltem s ennek során — *Kállay* veleményével összhangban — a tápanyagellátás és transpiráció között fennálló összefüggést emeltem ki.

Ezzel azonban a kérdéskomplexus nincs kimerítve, mert a tápanyagellátás és vízellátás között fennálló összefüggések és kölcsönhatások igen összetett természetűek. A talajnedvesség és talajlevegő bizonyos aránya mellett növekszik és fejlődik a növény a legkedvezőbben, nemcsak azért, mert a talajban tápanyagokra, vízre, és levegőre egyaránt szüksége van, hanem azért is, mert a talaj mikrobiológiai aktivitása és ezzel összefüggésben tápanyagszolgáltató — képessége, hasonlóképpen főleg a talaj nedvesség- és levegőtartalmának arányával függ össze. E téren *Fehér Dániel* és munkatársai alapvető munkásságára kell utalnom. Okszerű öntözéssel a talaj mikrobiológiai aktivitását is fokozzuk s a talajoldatot nem higítjuk egyszerűen fel, mert abba a fokozódó mikrobiológiai tevékenység következtében addig oldaton kívül levő tápanyagok lépnek be, úgyhogy a növényzet tápanyagellátása kedvezőbbé válik. Ezzel szemben, ha az öntözéssel a talaj levegőtartalmát kedvezőtlen hányadra csökkentjük, nemcsak anaerobiozis lép fel, hanem a talaj tápanyagszolgáltatóképessége is romlik.

De befolyásolja az öntözés a talaj hőmérsékletét is, ami *Fehér* és *Frank* megállapításai szerint a vízzel együtt komplex tényezőként hat a talajéletre és ezáltal a termelt növényzetre is. A trágyázással nyujtott növényi táplálék tehát csak résztényező a növények tápanyagellátásában s csupán résztényezője a transpirációs koefficiensnek is.

Tökéletesem egyetértek *Kállay*-val atekintetben, hogy az öntözés időpontját és az öntözővíz mennyiségét a növényzet igényei szerint és nem sémák alapján kell megválasztanunk. Így többnyire lényegesen kisebb öntözővízmennyiségekre lesz szükségünk s helyesen összeállított vetésforgók mellett — amelyekre nézve éppen Kállay Kornél nyujtott értékes és jól megalapozott tanácsokat — az aránylag rövid öntözési idény alatt sem állanak elő alig kielégíthető csúcsszükségletek.

PRETTENHOFFER IMRE

Frank Melanie előadásában a tápanyagok megfelelő arányának fontosságát hangsúlyozta. Ezt a körülményt saját kísérleteimmel is szeretném alátámasztani. A mult évben egy komplex-brigáddal dolgoztam 400 q-s cukorrépatermés elérése érdekében. Agrokémiai részről működtem közre. A brigád a Gonazsenkoféle tápanyagadagolást kívánta alkalmazni. Véleményem szerint a tápanyagok aránya ezzel a módszerrel nem volt megfelelő s ezért *Prjanisnikov* módszere alapján kiegészítő kísérletet javasoltam 1—1 kat. holdas parcellákon. A kísérletek eredménye az volt, hogy a *Prjanisnikov* módszerével megállapított tápanyagarány komoly termésemelkedéshez vezetett, ezzel szemben a másik módszer

mellett nem megfelelő arányban adagolt tápanyagok, nem hozták meg a kívánt eredményt.

FEKETE ZOLTÁN

Örömmel hallottam az előadást, tekintettel arra, hogy olyan körülményekre adott választ, amelyek lehetővé teszik az aszály elleni küzdelem *Mazsárov*-féle módszereinek alkalmazását. *Mazsárov* sokat hangoztatja, hogy a gyakorlatban is használhatók azok a vízkészlet-megállapítások, amelyeket táblázatosan ad meg. A vízkészlet segítségével közelítőleg ki lehet számítani, hogy a tábla vízkészlete mennyi ideig elég ahhoz, hogy a gazdasági növények még kár nélkül megéljenek. Megemlíti a stádiumos fejlődés szakaszait, amelynek kritikus időszakai vannak. Máskor csak 1—2%-kal magasabb vízkészlet szükséges. A hervadáspont közelébe nem szabad engedni lesüllyedni a víztartalmat. Ha talajunk pillanatnyi nedvességtartalmát tudjuk, akkor a vízkészlet-táblázat segítségével meg lehet határozni, hogy a gyakorlati kolhozgazdaságok körülményeihez mérten — bizonyos pontossággal — mennyi időre elég a vízkészlet. Ehhez a következő kell: tudnunk kell, hogy bizonyos hónapokban mennyi a talaj átlagos párolgása és ezekben a hónapoban mennyi a kérdéses gazdasági növények transpirációs párolgása. *Mazsárov* felfogása szerint ez a két vízmennyiség, a talaj e két vízvesztesége, gyommentes talajon, közel egyforma érték. Ha az előadás alapján reményünk van arra, hogy ilyenfajta naptárt kaphatunk, akkor meg lehet belőle állapítani, hogy a magyar talajokra nézve melyik növénynek mennyi a napi párologtatása időközönként. Elkészítettem különböző talajokra, különböző nedvességek mellett a vízkészlet-mennyiségek táblázatát, ami azonban csak tájékoztató jellegű. Ha ezekből ki tudnánk értékelni, hogy bizonyos szakaszokban egy időszakban kb. mennyi a transpiráció és a talaj párologtatása, akkor az aszálykárokra is tudnánk következtetni és ezek leküzdésére lépéseket tehetnénk.

Mazsárov könyvét azért fordították le, mert ez az általánosan elfogadott elveket és módszereket tárgyalja az aszály leküzdésére. Ezek a vizsgálatok tehát nagyon meg fogják könnyíteni ezeket a számításokat. Nagyobb gazdaságoknál már számíthatnak a termelés irányítására is. Még nagyobb egységek, járások, megyék kiértékelésénél a várható terméseredmények jóslására is alapot adnak.

A felmerült kisebb jelentőségű kérdésekre vonatkozólag megjegyzéseim a következők: *Oroszlány István* a csöves *Münitz-Lainé*-féle vízvezetőképesség meghatározására utalt. Tapasztalataim szerint a próbaterületnek, amely különböző nagyságú volt, a vízvezetőképessége sokkal jobban párhuzamosítható az öntözővíz elvezetésével, mint a csöves rendszerrel. A cső t. i. nagyon kis átmérőjű és nagyon nagy hibákra vezethet. Ha nagyobb területet kerettel veszünk körül és abban végzünk kísérletet, jó eredményeket kapunk. Állandó víznívót tartani ugyan nem tudunk, de ez az öntözés szempontjából nem is szükséges, inkább az a fontos, hogy mennyi idő alatt issza el a vizet a talaj.

A talajgyalunál, amiről *Oroszlány* beszélt, attól félek, hogy sekélyebb humuszos rétegű talajoknál levékonyíthatjuk a termőréteget. Minden planirozást úgy tudok elképzelni, hogy az altalajt planirozzuk és utána az altalajt feltöltjük. Ez nagyobb munkával jár és vontatókra is szükség van.

Az altalajöntözések terén sok kísérletet kellene folytatni. Tapasztalatból tudom, hogy milyen óriási különbség van egy altalajöntözéses tábla között, ahol fent jó szerkezet van és jól kezelt felülről öntözött tábla szerkezete között. Az altalajöntözés feltétlenül erősebben kiemelendő.

SZABÓ LÁSZLÓ

Az előadás nagy jelentőségét az előttem szólók már hangsúlyozták. Hozzá kell fűznöm, hogy az előadást kísérő vetített grafikonok nagyon világosan ábrázolták a kutatás eredményeit. A grafikonok alatt feltüntették az öntözővíz és csapadékvíz mennyiséget. Célszerű lenne még a tenyészidő elején a talajban tározott vízmennyiséget is feltüntetni. *Oroszlány István* hozzászólásában említette, hogy az öntözött területeken az öntözővízmennyiséget Müntz-Lainé készülékkel állapították meg. *Fekete* professzor szerint célszerű lenne nagyobb keretet alkalmazni a talajvíz víznyelőképességének megállapítására. Felhívom a figyelmet, hogy sávos csörgedeztető öntözésnél függőleges irányú a beszivárgás, keretes kísérletnél pedig a függőleges szivárgás mellett az oldalirányú szivárgás is nagymértékű. Ezért célszerű lenne kettős keretet alkalmazni és így a belső keretben tározott víz mennyiségéből tudnánk következtetni a függőleges irányú beszivárgásra. A kutatóintézetben *Oroszlány István* vezetésével végeztek ilyen kettős keretes kísérletet, de ott nem tapasztaltak nagyobb eltérést. Érdemes lenne ezzel kapcsolatban laboratóriumi kísérletet végezni.

Salamin Pál felszólalásával kapcsolatban fel szeretném említeni, hogy a talajba való szivárgást kifejező képleteknél a k_0 és n értékét célszerű lenne kísérleti úton megállapítani. Így gyakorlatilag meg lehetne határozni hazai viszonylatban *Kosztjakov* elméleti képleteinek alkalmazási lehetőségét. Az okszerű és takarékos vízgazdálkodás esetében barázdás és sávos öntözésnél csurgalékvizet ne engedjünk meg. Vízlevezető árkot ennek ellenére kell létesíteni. Bizonyos esetekben ugyanis a túlöntözés veszélyes lehet és ez terméscsökkenést okozhat. Csapadékos tenyészidőben ugyanilyen hatás tapasztalható és ezért szükséges a fölösvizeket levezető árokrendszer.

Igen helyes a Szovjetunióból átvett kísérleti parcella módszere, melyet nálunk is alkalmaznak a táblák méreteinek gazdaságos megállapításánál. Ennek helyes rányát az előadó is megemlítette. A nagy parcellák számának emelése elé egyelőre akadályokat gördített, hogy az ideiglenes árokhálózat létesítéséhez munkagép nem állt rendelkezésre. Nagyobb, többezer liter vízmennyiséget szállító árok létesítéséhez már gép szükséges. A Műegyetemen most terveznek árokásó gépet, amelynek segítségével egy menetben 40 cm fenék-, 80 cm felsőszélességű és 70 cm mélységű árkot lehet mélyíteni.

FRANK MELANIE válasza

Hálásan köszönöm az előadásomat messzemenően kiegészítő hozzászólásokat, amelyekkel általában egyetértek. Éppen ezért csak egy-két kérdésre szeretnék válaszolni.

Salamin Pálnak azt a megjegyzését, hogy eredményeinket a Vízépítéstani Tanszék ki fogja értékelni, örömmel hallottam. Elsősorban azért, mert ez eredményeinknek szakszerű kritikáját jelenti, de azért is, mert újabb megnyilvánulása a Tanszék és az Intézet együttműködésének. Erről az együttműködésről hozzászóló azt mondotta, hogy az a Vízépítéstani Tanszék munkája szempontjából eredményes. Én viszont az Intézet részéről megállapíthatom, hogy e nélkül az együttműködés nélkül tervmunkákat nem tudtuk volna teljes mértékben elvégezni. Ugyanis az Intézet még nem rendelkezik hidrotechnikai laboratóriummal és így ezirányú kísérleteink lefolytatása csak az által vált lehetségessé, hogy a Vízépítéstani Tanszék nagymarosi telepét rendelkezésünkre bocsájtotta.

Kállay Kornél azon megállapításával, hogy a transpirációs koefficiens értékét a tápanyagellátás befolyásolja a legmesszebbmenően, és hogy kutatásainkat ebben az irányban terjesszük ki, teljesen egyetértek. Kiegészítésül megjegyzem, hogy ebben az esztendőben a transpirációs koefficiens megállapítására irányuló kísérleteinket már különböző tápanyagellátás mellett végeztük. Ezeknek a kísérleteknek eredményeit most dolgozzuk fel. — A csapadékhasznosulással kapcsolatos megjegyzésre *Hank Olivér* már részletesen válaszolt. Ahhoz több hozzátennivalóm nincs.

Balogh János által említett problémákkal foglalkozunk, azokat jelenleg is vizsgáljuk.

Szabó Lászlónak arra a megállapítására, hogy az ábrákon célszerű volna a tárolt vízmennyiséget is feltüntetni, szeretném megjegyezni, hogy folyó évi kísérleteinknél azt is meghatároztuk, sőt mértük a termény lekerülése után a talajban maradt vízkészletet is.

AZ ORSZÁG GYÓGYVÍZ- ÉS GYÓGYFORRÁSVIZSGÁLATAINAK ÚJABB TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEI

PAPP FERENC

Az ország gyógyvizei és a gyógyforrások vizei olyan ásványvizek, melyek a kőzetekből kioldott sókat és sokhelyen már a geológiai adottságoknak megfelelő olyan illó alkatrészeket tartalmaznak, melyek külön értéket jelentenek. A gyógyvizeket századok óta felhasználják és az emberi művelődés fejlődésével vizsgálatuk is egyre tökéletesedik. Hazánkban az első szakszempontból is értékes munka *Stocker Lőrincé*, aki még addig nem végzett fizikai és kémiai vizsgálatokkal jellemzi a XVIII. század elején az akkor ismert gyógyvizeinket. Ettől az időtől kezdve egyre több vegyész, orvos, utóbb geológus foglalkozik a hazai gyógyvizek összetételével és eredetével. A mult kutatásait az alkalomszerűség és ötletszerűség jellemezte. Az első rendszeres kutatómunkát *Schafarzik Ferenc* műegyetemi tanár végezte a budapesti gyógyforrásokkal kapcsolatosan. Rendszeres és az egész országra kiterjedő megfigyeléseket csak azóta végeznek, mióta az Egészségügyi Minisztérium életre hívta az Országos Balneológiai Kutató Intézetet és annak szakosztályait. Ezek a szakosztályok tervszerű és állandó vizsgálatokkal derítik fel a hazai gyógyvizek sajátságait, illetve az újonnan létesítendők feltételeit is ilyen alapon szabják meg.

Legyen szabad ez alkalommal a Műszaki Egyetem Ásvány- és Földtani Tanszéken működő Hidrogeológiai Osztály és a Tanszék munkaközösségének 1950. és 1951. évi vizsgálati eredményeiről számot adni, amely munkának országos viszonylatban való végrehajtása az Akadémia hathatós támogatásával volt csak elvégezhető.

A megfigyelések geológiai, kőzettani, forrástani (itt elsősorban vízhozam és hőmérséklet külső tényezőkkel való összefüggési vizsgálatokra kell gondolni), értékszámítási és a gyógyvizeket felkutató, irányító kérdések megoldására terjedtek ki.

1. Hazánk gyógyvíz-előtörései a geológiai multban

Mindenekelőtt vizsgálat tárgyává tettük, hogy a geológiai multban az ország területén hol fakadtak gyógyvizek. Ennek eldöntése érdekében tudnunk kell azt, hogy milyen üledékek azok, amelyekből következtetni lehet gyógyvizek egykori jelenlétére.

A kérdés megfejtésekor a mai gyógyvizek üledékeinek ásványaiból kell kiindulni azzal, hogy azok változatos sorát teljessé kell tenni részben jelenlegi külföldi gyógyvíz feltörések ásványaival, részben ki kell egészíteni e szempontból

elfogadható más ásványos üledékekkel, melyek esetleg már a jelenlegiek között nem lelhetők fel.

A mi gyógyvizeinkből közvetlenül aragonit, kalcit, dolomit, barit, gipsz, fluorit, pirit, markazit, terméskén, kvarc, kalcedon, opál, vád, limonit, halloysit, kaolin, vörös vasoxid váltak ki. *Suess E.* fentieken kívül a juvenilis gyógyvizekre jellemző ásványoknak tekinti még a glauberit, nátrit, kősó, zeolit, galenit kiválásokat is.

Az ásványos gyógyvizekre igen jellemző a forrásvízi mészkő, hidrokvarcit, továbbá kovásodott dolomit, kovás márga, valamint porló kristályos dolomit és porló-mészkő.

Ezeket alapulvéve az ország hegyvidékeinek igen sok pontján lehet felismerni egykori ásványvíz-előtöréseket. Így az eruptív eredetű hegyvidékeinkben, mint pl. a Velencei hegység és a Baranyai Őstönk gránitjai között erre vallanak a fluorit, barit, szulfidos ércek, kaolin, turmalin, hematit, kalcit és kvarcit kiválások. A Velencei hegységben, főleg Nadapon, a gránitot áttörő andezitokban is vannak ilyen ásványok, elsősorban is fluorit és különböző zeolitok (dezmin, laumontit). A szarvaskői gabbró területen kvarcit, pirit, kalkopirit és mangánércek vallanak ásványvíz-előtörésekre. Az alárendelt mélységbeli kőzeteken kívül vulkáni, kiömlésbeli kőzetekben is több helyen felismerhető az ásványvizek nyoma. Legközelebb a Dunazug hegységben (Csikóváron, Csódihegyen, a visegrádi Mátyáshegyen); Börzsönyi hegységben (Csákhegy, Zuvár, Rózsabérc, Pogányhegy, Nagyinóc, Vasbányahegy, Kőember, Huszárhegy); a Mátrában (Asztaghegy, Gyöngyösoroszi ércbányák, Szurdokpüspöki, Nagylipót, Gallyatető, Recsk: Lahócahegy; Kékes); a Hegyalján (Tállya, Sárospatak, Komlóska, Regécke, Királyhegy, Hollóháza, Telkibánya) találhatók ásványvíz nyomok. A bazalt területeinken is több helyről ismeretesek zeolitok, melyek ugyancsak ásványvízforrások feltöréséről tanúskodnak: így a Balaton környéki bazaltokban (Badacsony, Tótihegy, Gulács, Szebike, Sümeg: Sarvaly; Sághegy; Szigliget, Diszel, Vindornyaszöllős) is. Somoskőn igen szép aragonitok jelzik az ásványvíz előtöréseket.

A Dunántúli Középhegység *üledékes kőzeteiben* ugyancsak találni gyógyvizekből kiváló ásványokat, illetve kőzeteket. Így a Pilisben a kesztölci Öregszirt oldalában kovasavas márga, a dorogi Nagykősziklán ugyancsak kovasavas márga, a Vértes-hegységben Gántnál, a Melegesi bauxit fejtőjében aragonit, a budai Csillaghegyen aragonit, pirit, kalcedon, Pomáz határában a Majdán hegyen forrásvízi mészkő, Izbégen diatomapala, Polgárdi és Szabadbattyán között a Szárhegyen kalcedon, kvarc, mangánérc, fluorit, hematit, barit, vasokker figyelhető meg, mint hévforrás kiválás. A Balatonalmádi Öreghegyen kalcedon vált ki az egykori melegvízi gyógyforrásokból. Urkút és Eplény határában a mangánércek ásványvíz táplálta tengeri üledék. Keszthely és Cserszegtomaj határában a dolomitban levő pirit és markazit kiválások vallanak egykori

hévforrás tevékenységére. A dunáninneni részen is sokhelyen lehet megfigyelni régi hévforrás-nyomokat. Így a Vác feletti Naszály-hegyen és a Nézsai Várhegyen kovásodás, barit, aragonit és kalcit tűnik szembe. A Bükk-hegység délnyugati részén, Egernek lakott határában kovásodás fordul elő; ez Egertől ÉK-re is előfordul. Felnémet határában a Pirittyó- és Agyagos-hegyen, Felsőtárkány mellett a Várhegyen és a Csákpilis-hegyen kovásodás figyelhető meg. Eger határában a mangánérc is egykori ásványvíz jelenlétére vall. Rudabányán a vasércek és az azt követő pirit, kalkopirit, barit, galenit ugyancsak ásványos gyógyvizek üledéke. A felsőborsodi Rudolftelepen a széntelepet kísérő hidrokvarcit lencsék *Vadász Elemér* szerint hidrotermális eredetűek. Perkupa határában a közelmultban megtalált gipsztelep permi beszáradó sókban gazdag tenger maradéka.

Átalakult kőzeteink között is találni olyan nyomokat, amelyek az egykori gyógyforrások működésére vallanak. A nyugati határszélen, Kőszeg határában a fillitek között található kvarcit közbetelepülések szulfidos ércnyomok (Kőszegen: Szabóhegy, Kendighegy, Cák), továbbá Sopronban a kvarcit és esetleg a leuchtenbergi is hasonlóképpen erre vallanak. A borsodi Bükk-hegység fillitjeit kísérő kvarcit, a nagymértékben átalakult vulkáni tufák hasonlókép arra engednek következtetni, hogy itt is fakadtak olyan gyógyvizek, melyeknek ásványos anyagai hozzájárultak a kőzetek átalakulásához. (Összefoglalva lásd az *I. táblázatban)*.

Mindent egybevetve, az ország különböző jellegű kőzeteiben észlelt nyomok alapján megállapítható, hogy

1. a legrégibb időktől kezdve, tehát a karbontól kezdve egészen a legfiatalabb geológiai korokig fakadnak gyógyvizek;

2. e gyógyvizek törésvonalak mentén és a színklinálisok helyén jöttek a felszínre legtöbb helyen;

3. a karbon és a perm, valamint a triasz korban elsősorban kovasavban voltak gazdagok, de szulfidtartalmuk is nagyobb volt, mint a későbbi geológiai korok gyógyvizeinek;

4. a nyomok alapján megállapítható, hogy gyógyvizek jóval több helyen jelentkeztek, mint ma;

5. hozamukra vonatkozólag nem lehet biztosan következtetni, de valószínű, hogy különösen a pliocén és pleisztocén gyógyvizeinek bővebb volt a hozamuk;

6. hőfokuk — a kovasavas üledékek és a szulfidos ércek alapján — magasabb volt, mint most;

7. a jelenlegi gyógyvizeinkben az alkáli földfémek, karbonátok, illetve szulfátok uralkodnak.

I. TÁBLÁZAT

Az ország területén levő régi ásványos gyógyvíznyomok

Hely		Kovásodás	Fluorit	Barít	Zeolit	Kalcit	Érc	Egyéb
Csillaghegy	Rókahegy	×		×		×	*p*	
Pomáz	Majdán			×		×		
Pomáz	Csikóvár	×						
Izbég	Kikhegy	×					*p*	*k*
Szentendre	Dömörkapu	×						
Dunabogdány	Csódihegy	×			×	×	×	
Visegrád	Mátyáshegy	×				×	×	
Pilismarót	Nagyhábod	×						*k*
Pilismarót	Szekrényhegy	×				×		*k*
Dömös	Préposthegy	×				×		*k*
Dömös	Nagymacskás	×						
Kóspallag		×				×		
Esztergom	Hideglelős	×				×		*k*
Dorog	Sáforkő					×		*g*
Szob	Csákhegy	×			×	×	×	
Márianosztra	Czerina	×				×		
Márianosztra	Briecska	×				×		
Nagyirtás	Sashegy	×				×	×	*sp*
Nagybörzsöny	Fagyosasszony					×	×	
	Rózsabérc					×	×	
	Pogányhegy					×	×	
	Magyarhegy					×	×	
Szokolyahuta		×				×	×	
Nagyoroszi	Kőember	×				×		
Diósjenő	Báránybérc	×				×	×	k
Bernecebaráti	Huszárhegy					×	*h*	
Tolmács	Somhegy							
Katalinpuszta	Naszály			×	×	×		
Nézsa				×		×		
Szurdokpüspöki		×				×		
Gyöngyöspata		×						
Pásztó		×						
Gyöngyösoroszi		×		×		×	×	
Gyöngyössolymos		×						
Mátraháza		×						
Galyatető		×					×	*k*
Recsk	Lahoca	×					×	*k*
	Darnóhegy	×					×	*k*
Parád	Vereskő						×	
Szarvaskő	Vaskapu	×						
Eger		×					×	
Bakta		×						
Felnémet	Pirittyóhegy	×						
Felsőtárkány	Várhegy	×						
	Csákpilis	×						
	Barátrét	×						
Monok	Ingvár	×						
Rudolftelep		×						
Perkupa								*g*
Rudabánya						×	×	

Folytatása a 161. oldalon

I. táblázat folytatása.

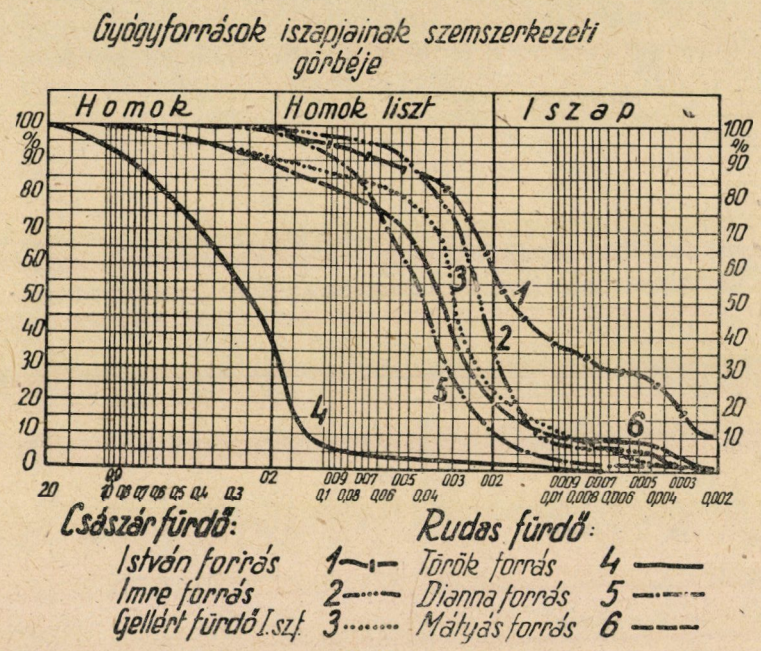
Hely		Kovásodás	Fluorit	Barit	Zeolit	Kalcit	Érc	Egyéb
Sáta							×	
Martonyi						×	×	
Szendrő	Várhegy					×	×	
Somoskő						× *a*		
Somoskőújfalu						× *a*		
Lillafüred						×		
Miskolctapolca						×	×	
Edelény							×	
Tállya		×				×		
Komlóska		×				×		
Mád		×				×		
Tarcal		×				×		
Tokaj						×		
Erdőbénye								*k*
Sárospatak	Királyhegy	×						
Három-Huta		×						
Hollóháza								*k*
Telkibánya								*k*
Gönc								*k*
Szegi								*k*
Sátoraljaújhely		×						
Nadap		×	×	×	×	×	×	*k*
Sukoró					×	×	×	*k*
Pákozd		×	×					
Pázmánd		×						
Székesfehérvár		×						
Polgárdi								*a*
Balatonalmádi		×						
Tihany		×						
Badacsony					×	×		
Szigliget	Halyagos				×	×		
Diszel					×	×		
Vindornyaszöllős					×	×		
Sümegsarvaly					×	×		
Urkut	Nagyláz	×					×	
Eplény		×				×	×	
Gánt						×		
Keszthely						×	×	
Cserszegtomaj							×	
Kőszeg							×	
Cák		×						
Sopron		×						
Mórágy		×	×			×		*k*
Véménd		×	×			×		
Bódé					×	×		
Pusztafalu (Mecsek)							×	
Zengővárkony					×		×	
Zsid					×	×		
Celldömölk	Sághegy				×			
Zalaszántó					×			

p = pirit; h = hematit: k = kaolin; sp = spinel; g = gipsz; a = aragonit.

2. Néhány gyógyvizünk üledékének kőzettani vizsgálata

A budapesti gyógyvizeink közül eddig még kellő részletességgel meg nem vizsgált Imre-fürdő Nagy-, és Kisforrásának, a Rudasfürdő Mátyás-, Török- és Diana-forrásának, a Császárfürdő Imre- és Szt. István-, a Gellért-fürdő Nagyforrásának, a vidékiek közül Hajdúszoboszló, Mezőkövesd, Bükkszék, Balatonfüred gyógyvizeinek ásványos üledékeit vizsgáltuk meg. A laza üledékeknek, forrásiszapoknak szemcseösszetételét az *1. ábra* tünteti fel. Az összeálló forrásüledékek mikroszkópi vizsgálatával, továbbá néhány budapesti újonnan előkerült régi gyógyvízüledék ásványtani vizsgálatával ugyancsak foglalkoztunk.

Az *Imre-fürdő* Nagyforrását mesterségesen vájták dolomitba. Az innen előkerülő iszapban dolomitkristályok voltak az uralkodók. Ezenkívül aragonit,



1. ábra

kalcit (mely nyilván az aragonitból keletkezett), barit víztiszta táblái, továbbá kvarc, pirit és markazit voltak megfigyelhetők. Az Imre-fürdő Mátyás-, illetve Kisforrása, teljesen bomlott budai márgából tör elő. E helyen külön ki kell emelni a pirit gyakoriságát. Rendszerint druzákban, halmazokban jelenik meg; a pirit mellett gipsz, barit, aragonit, kalcit, kvarc észlelhetők. A források felett a Hegyalja-útról nyíló óvóhelyben ugyancsak budai márga figyelhető meg. E márgarétegekben két vékony (6—8 mm-es) limonit csík arra vall, hogy a Gellérthegy e részén az alsó oligocénban (ligurienben) is fakadtak gyógyvizek.

A *Rudas-fürdő* mellett a Gellérthegyre vezető lépcsők alatti óvóhely tárnájában 26—28 C° hőmérséklet jelzi a hévforrások közelségét. A dolomitban

magában 10—22° csapású, 5—20 cm széles hasadékokban dolomit és kalcit kristályok fenn-nőve, illetve lisztes por alakjában, továbbá psilomelán és limonit jelzik a régi forrásjáratok helyét.

A Mátyás-forrás dolomitból tör elő, kelet-nyugat irányú 6 m hosszú hasadékból, melynek alján 20—30 mm vastag iszap található. Az iszap legnagyobb része finom dolomitkristályokból áll. Ezenkívül aragonit, kalcit, gipsz, kvarc, szericit figyelhető meg az ásványos elegyrészek között. Hasonló a Török- és Diana-források iszapja is. Az aragonit 0,5—0,3 mm átmérőjű gömbökben fordul elő. A dolomit és kalcit 0,1—0,06 mm átmérőjű kristálykák alakjában jelenik meg. Az ércek közül a pirit a legszembetűnőbb, de akad alaktalan limonit és vád is az ásványos elegyrészek között. Különösen sok iszap halmozódik fel a Török- és Diana-források medencéiben.

A *Császárfürdő* Imre-forrásában a leggyakoribb ásványos elegyrész a parányi hófehér aragonitgömböcskék változatos sora, a holocén dunaiszap ásványai is közéje vegyülnek, erre vall a szericit, amfibol, kvarc, gránátszemek jelenléte is. A Szt. István-forrás gyüjtőmedencéjében igen sok aragonit, gipsz és víztiszta barit ismerhető fel, ezeken kívül kvarc, szericit, pirit és markazit tűnnek szembe. A *Gellért-fürdő* Nagyforrásának iszapját ismételten vizsgáltuk, ezúttal két szélsőséges helyről vettünk mintát. Az egyik a medence ÉK-i részéből való volt, ahol a langyos források fakadnak, a másik a DNy-i részből való, ahol a legmelegebb források fakadnak. Amint ez előrelátható volt, a medence K-i részéből vett iszapmintában kevesebb volt az aragonit és több a dolomit, kalcit. A medence DNy-i részéből való mintában azonban sok aragonit és ezenkívül víztiszta barit, pirit volt megfigyelhető.

Megvizsgáltuk a *mezőkövesdi forrás* iszapját is. E 67 C° hőmérsékletű gyógyvízből elméletileg kizárólag kalcit válhatik ki, mint iszap. A mikroszkópi vizsgálat szerint valóban a forrásvízből kivált hófehér üledék kalcit, csak egészen elvétve találni kvarc és hematit pikkelykéket. Szericit is megfigyelhető volt. A kalcit kristályok romboéder szerinti hasadásúak és igen ritkán a romboéder szerinti iker is jól észlelhető. A kalcitkristályok átlagos mérete : 0,3—0,5 mm. A hasadási vonalak 0,01 mm távolsági közökben váltakoznak. A kalcit közvetlenül a vízből csapódik ki, míg a kvarctörmelék szericit és hematit pikkelykéi a mélyebb szintekből, mégpedig a vizet adó triasz mészkő kioldásából származhatik.

Bükkszék forrásüledéke a csőrakat felső 35 m-es szakaszán, továbbá az elfolyócsatornában halmozódik fel. A megvizsgált minta a csőrakatból való. A 39 C° hőmérsékletű vízből kristályos kalcit vált ki. A kristályok átlagos mérete : 0,2—0,5 mm. A hasadások nyoma egymástól 0,01 mm-re van. Zónás kalcitkristályok is feltűnnek, azaz olyanok, ahol az utólagos növekedés is megfigyelhető. A kalcitkristályok között igen ritkán hematit pikkelykék megfigyelhetők, ezek mérete 0,006 mm. Szabadszemmel és a vékony csiszolatban szabálytalan alakú szürke sávok is megfigyelhetők. Ezek minden valószínűség szerint a vízadó szarmata mészkőrétegből oldódtak ki.

Hajdúszoboszló 73 C° hőmérsékletű vizének üledéke ugyancsak kalcitkristályhalmaz. Igen ritkán ikres kifejlődésű. A hasadások 0,04 mm távol vannak egymástól. A mikroszkópi vizsgálat szerint elég gyakori, hogy kisebb kalcitkristályok növik át a nagyobbakat. A kalcitkristályok átlagértéke 0,5—1,7 mm.

A balatonfüredi gyógyfürdő szénsavas vizét felmelegítő kazánból való lerakódás hematit pikkelykéket tartalmazó aragonit. A kristályok mérete 0,6, 0,4 mm, szélességük 0,01—0,03 mm.

A forrásüledékvizsgálatot tovább óhajtjuk végezni. Feladatunk e tekintetben kettős : meg akarjuk még részletesebben ismerni az üledékek ásványtani összetételét és ezeknek az ismereteknek a birtokában a forrásüledékek kiválását irányító törekvések mozgatói közé akarunk állni, valamint a hasznosításukra vonatkozólag is megfelelő lehetőségeket akarunk keresni. Az iszapok hasznosak finom szemcsenagyságuk, összetételük, valamint tisztaságuk miatt. Éppen ezért elsősorban a vegyiparban használhatók fel. Azonban igen károsak lehetnek a csöveket és a járatokat eltömítő képességük folytán.

3. A gyógyforrások hőenergiájának szénegyenértéke

Vizsgáltuk a gyógyforrások által képviselt hőenergia nagyságát is. A vidéki gyógyforrásokra vonatkozó ilyen irányú számítások eredményét a *II. táblázatban* közöljük. A hőenergiát a táblázatban szénegyenértékkel fejeztük ki.

4. Vizsgálatok a dunavízállás és a budai meleggyógyforrások vízhozamának összefüggésére

Tapasztalatból és ennek nyomán az irodalomból régóta ismeretes, hogy a budai források vízhozamának változása a Duna vízállásával összefügg. A Duna hatását úgy értelmezik, hogy áradáskor a folyó nagyobb víztömegének nyomása visszaszorítja a Dunába folyó melegforrások vizét és ezáltal megduzzasztja a forrásokat.

A gyógyforrások vízhozamára más tényezők is hatnak : csapadék, légnyomás stb. Megfigyeléseink alapján azonban azt mondhatjuk, hogy a döntő befolyást a vízhozamra a dunamenti gyógyforrásoknál a Duna vízállása gyakorolja.

Az összefüggés kimutatására a grafikus módszert régóta használja a Hidrogeológiai Osztály. Régebben falitáblák készültek, újabban pedig szabványos ívnagyságban könyvbe beköthető fénymásolatokon láthatjuk az illető forrás vízhozam és hőfok adatai alatt a két vizsgált tényező (dunavízállás és vízhozam) koordinátarendszerben feltüntetett görbéit (lásd a 2. *ábrát)*. Ezek egyértelmű változásából már becsléssel is következtetni lehet az összefüggés mértékére.

II. TÁBLÁZAT

Magyarország vidéki gyógyforrásainak 1951. évi összesített mérési eredményei alapján számított szénegyenértékek kg/perc = azon 6000 kg/kal szénmennyiséggel, amely a forrásvizet + 10-C°-ról a tényleges hőfokra felmelegítené

Sz. sorsz.	Hely	Vízhozam l/perc	Hőfok C°	Szénegyenérték kg/perc
1.	Balatonfüred	161	13—15	0,0107
2.	Balf	78	11—12	0,015
3.	Békés	132	42	0,70
4.	Biharnagybajom	21	55,2	0,16
5.	Nagybörzsöny, Kovácspatak	1	9—11	
6.	Bükkszék	875	40	4,36
7.	Cegléd	616	23—34	1,90
8.	Csokonyavisonta	227	76,2	2,50
9.	Csopak	?	13,1	—
10.	Debrecen	1100	65,0	10,10
11.	Dunaalmás	1280	23,1	2,80
		332	23,2	0,73
12.	Edelény	8	13,2	0,004
13.	Eger	4970	27—32	16,15
14.	Erdőbénye	?	12,0	—
15.	Esztergom	1770	26,5	4,87
		1770	26,7	4,73
16.	Füzesgyarmat	100	31—37	0,40
17.	Gyöngyösoroszi	600	15,5	0,55
18.	Hajdúszoboszló	3910	66—75	39,40
19.	Harkány	770	64,0	6,93
20.	Hévíz	44740	34,5	183,60
		136	41,2	0,707
21.	Iszkaszentgyörgy	2000	24,3	4,76
22.	Kaba	230	30,8	0,797
23.	Kakasszékfürdő: artézi-víz	25	20,3	0,045
	« tó	?	0,32	—
24.	Karcag Berekfürdő	2440	55—57	18,72
25.	Kékkut	14	12,7	0,006
26.	Kisterenye	3	17,0	0,003
27.	Komló	(140)	(56,0)	1,08
28.	Lábod meleg (zárva)			
	langyos	32	27,5	0,09
29.	Maconka	?	13,5	
30.	Mátraballa	?	13,0	
31.	Mátraderecske	?	13,1	
32.	Mezőberény	101	20—27	0,227
		146	34—41	0,67
33.	Mezőkövesd	780	67,0	7,41
34.	Miskolctapolca	12770	29,32	43,50
35.	Moha	22	11,1	0,004
36.	Nagyatád	?	47,1	
		30	25,5	0,077
37.	Nagybátony	—	15,1	
38.	Nemesgulács	2	11,9	0,0006
39.	Orosháza, Gyopáros-f.	176	27,2	0,505
		300	36,0	1,30
40.	Parád	3	14,15	0,007
41.	Pálköve (Balatonrendes)	?	17,0	
42.	Recsk	?	12—14	

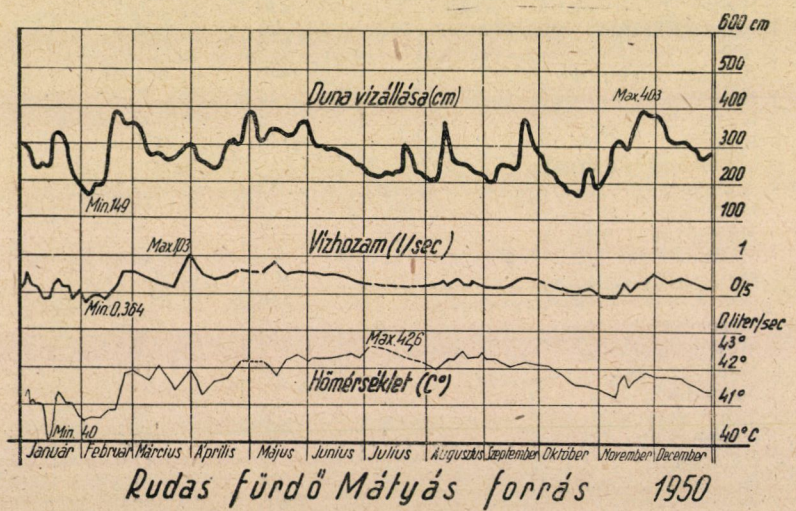
Folytatása a 166. oldalon

II. táblázat folytatása

Sorszám	Hely	Vízhozam l/perc	Hőfok C°	Szénegyenért. kg/perc
43.	Siklós	2	25,0	0,005
44.	Sikonda	180	38,0	0,84
45.	Sóshartyán	5	11,4	0,0016
46.	Szalonna		26,3	—
47.	Szarvas	756	30—35	2,84
48.	Szeged	340	48,6	2,18
		95	21,0	0,17
49.	Szeghalom	223	37,5	1,02
50.	Szentes	912	21,6	1,762
51.	Székesfehérvár	48	13—16	0,36
52.	Szolnok	456	53,2	3,28
53.	Tar	4	13,18	0,0036
54.	Tata	69750	20,23	133,70
55.	Tiszaörs	230	52,0	1,61
56.	Tótkomlós	405	42,5	2,20
57.	Zánka	257	13,2	0,12
				509,5865

Minden forrás észleléséről évenkint törzslapot vezetnek. A *II/a táblázaton* bemutatjuk a Rudas-fürdő Mátyás-forrásának mintalapját.

A közelmultban a matematikai statisztika alkalmazásával az összefüggés erősségét már számszerűleg is kifejeztük. A korrelációszámítással nyert tényező



Rudas fürdő Mátyás forrás 1950

2. ábra

értéke 0 és + 1, illetve 0 és —1 határok között mozog aszerint, hogy a vizsgált két jelenség egyenes, vagy fordított arányban változik-e egymáshoz képest. Legerősebb az összefüggés, ha a korrelációs tényező ± 1 ; nincs összefüggés a két jelenség között, ha 0 a tényező.

II/a TÁBLÁZAT

Rudas fürdő: Mátyás forrás mintalapja.

1 9 5 0.

Első oszlop: Hozam l/sec Második oszlop: Hőfok C°

KÖ: Átlag LN: Legnagyobb LK: Legkisebb

Nap	Január		Február		Március		Április		Május		Június		Július		Augusztus		Szeptember		Október		November		December	
1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,787	42,2	0,646	42,6										
2	0,62	41,2	—	40,8	0,766	41,9	—	—	—	—	0,78	42,3	—	—	—	—	—	—	—	—	0,465	41,4	—	—
3	0,75	41,4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4	0,679	41,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,627	42,0	—	—	—	—	—	—	—	—
5	0,618	41,2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,635	42,1	—	—	—	—
6	0,585	41,0	—	—	—	—	0,734	41,3	—	—	—	—	0,632	42,6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
7	—	—	0,480	40,7	—	—	—	—	0,79	42,2	0,776	42,3	—	—	—	—	0,575	42,3	—	—	—	—	0,698	41,8
8	0,57	41,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
9	—	—	—	—	0,695	41,7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,486	41,2	—	—
10	0,475	41,0	0,476	40,7	—	—	—	—	—	—	0,75	42,3	—	—	0,664	42,3	—	—	—	—	—	—	—	—
11	0,418	40,6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,625	42,3	—	—	—	—	—	—	—	—
12	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,630	42,3	—	—	0,567	41,8	—	—	—	—
13	0,392	—	0,416	40,7	—	—	0,69	41,7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,672	41,8	—	—
14	—	—	—	—	—	—	—	—	0,91	41,8	0,763	42,3	—	—	—	—	0,62	42,1	—	—	—	—	0,712	41,8
15	0,417	40,2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
16	—	—	0,486	40,9	0,634	42,1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,561	41,5	—	—
17	0,613	41,2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
18	—	—	0,53	40,9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,705	42,5	—	—	—	—	—	—	—	—
19	0,674	41,3	—	—	—	—	0,724	41,8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,54	41,8	—	—	—	—
20	—	—	—	—	—	—	—	—	0,755	42,3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
21	0,597	41,2	—	—	—	—	—	—	—	—	0,732	42,4	—	—	0,625	42,3	0,727	42,4	—	—	0,681	41,8	0,675	41,6
22	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
23	—	—	0,788	41,8	0,58	41,4	—	—	—	—	—	—	—	—	0,625	42,3	—	—	—	—	0,696	41,9	—	—
24	0,584	41,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
25	—	—	—	—	—	—	0,807	42,2	0,79	42,4	—	—	—	—	0,660	42,3	—	—	—	—	—	—	—	—
26	0,375	41,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,59	41,6	—	—	—	—
27	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,600	42,2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
28	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,656	42,3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,605	41,4
29	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,62	42,5	—	—	—	—	—	—	—	—
30	0,515	40,7	—	—	—	42,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,777	41,8	—	—
31	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,605	42,3	—	—	—	—	—	—	—	—
LK	0,375	—	—	40,6	0,58	41,4	0,69	41,3	0,755	41,8	0,650	42,2	0,80	42,2	0,805	42,0	0,515	42,1	0,54	41,6	0,465	41,2	0,605	41,4
LN	0,75	41,3	0,788	41,8	1,03	42,1	0,80	42,2	0,91	42,4	0,787	42,4	0,648	42,8	0,660	42,5	0,727	42,3	0,63	42,1	0,777	41,9	0,712	41,8
KÖ	0,563	40,9	0,507	40,9	0,701	41,8	0,838	41,7	0,811	42,18	0,749	42,3	0,626	42,4	0,638	42,31	0,640	42,2	0,583	4,47	0,618	41,6	0,673	41,65

	Évi KÖ		0,687	41,8	Évi LK		0,364	40,0	Évi LN		1,03	42,6	Mérések sz.		74	74	Megfigyelő: Horváth József				Feldolgozó: Horváth József			

E módszer segítségével *Cziráky József* kimutatta azon összefüggés szorosságát, amely a Duna vízállása és az Imre-gyógyfürdő forrásainak (Nagy-, Mátyás-, Kénes-források) vízhozama között fennáll (l. *III. táblázat).*

Ezt a módszert alkalmaztuk jelenleg a Hidrogeológiai Osztály által 1950-ben hetenként figyelt budai gyógyforrásokra. Az egyszerűség végett Cziráky J. független változóként a dunavízállás havi számtani közepét vetette egybe egy-egy gyógyforrás vízhozamának havi átlagával, mint függő változóval. További egyszerűsítés volt, hogy ok és okozat, hatás és eredmény közötti időbeli eltolódást nem alkalmaztunk, mert egyhónapos időközben úgy a hatás, mint az eredmény a méréseknél többször előfordul és az egyes gyógyforrásoknál ez a néhány naptól egy-két hétig terjedő időköz más és más.

Ezen egyszerűsítések folytán igaz ugyan, hogy esetleg rosszabb összefüggési tényezőt kapunk, de azt a célunkat elértük, hogy azonos módszert alkalmazva kimutattuk a budai gyógyforrások vízhozamának a dunavízállással való összefüggését és ezen összefüggések egymáshoz viszonyított erősségét. A tényező tehát viszonyszámként szerepel *(III. táblázat).*

A III. táblázat szerint legszorosabb az összefüggés a fenti jelenség között a Gellért-gyógyfürdő 1. sz. természetes forráscsoportjánál. Ez az eredmény nem meglepő, mert a források a Szabadság-híd hídfőjénél, 35 m-re a Dunától fakadnak. Az Imre-gyógyfürdő Nagyforrása is szoros kapcsolatot mutat a dunavízállással, bár már távolabb (kb. 180 m) fekszik. Majd a Rudas-fürdő számos forrása (Kinizsi-, Attila-, Hungária-, Török-, Juventus-, Mátyás-) következik szorosan egymásután, tekintet nélkül a vízhozam bőségére és arra, hogy a forrás természetes, vagy mesterségesen létesített-e. A Rudas gyógyfürdő forrásai után következő forrásoknál a Lukács-gyógyfürdő Malom-tavának kivételével az összefüggés erősen lecsökken (Lukács gy.-forrás, Római-forrás, Pünkösdfürdő artézikútja, Óbudai Árpád-forrás) igaz, hogy a Dunától mért távolságuk viszont erősen (2000 m-ig) megnő.

Érdekes a táblázatban szereplő utolsó három forrás viselkedése. A Császár-gyógyfürdő forrásai (János-, Mária-, Antal-) ellentétes (negatív) összefüggést mutatnak a dunavízállással.

Távolságuk a Dunától az előbbi forrásokhoz képest középső helyet foglal el (125—150 m), ezzel tehát az ellentétes hatás nem magyarázható. A vizsgált három forrás vízhozama tág határok között változik (2—185 lit/perc). Megfigyelhető, hogy a negatív korreláció erőssége a vízhozambőséggel egyenesen arányos.

A Császár-fürdő kútjainak vízhozamát és vízállását közvetve nemcsak a mindenkori dunavízállás, hanem közvetlenül a talajvízszint is befolyásolja. Ilyen körülmények között pl. alacsony dunavízállás esetén a talajvízszint nem fog mindjárt azonos mértékig lecsökkenni, hanem egy magasabb szintet foglal el és így jobban érezteti hatását. Jól kiképzett kútfoglalások esetén a talajvízszint befolyásoló hatása nem érvényesülne, de a jelenlegi helytelen és

III. TÁBLÁZAT

Korrelációszámítások eredményei
a dunavízállás és a budai meleg gyógyforrások vízhozama között
(1950.)

S.	Forrás neve	Forrás neme	Korrelációs tényező	Dunától való távolság	Vízhozam
			r	m	l/perc
1.	Gellért gy. f. 1. sz. forrás	term.	+ 0,73	35	1495,0
2.	Imre gy. f. Nagyforrás	term.	+ 0,70	180	329,0
3.	Rudas gy. f. Kinizsi-forrás	term.	+ 0,69	54	6,2
4.	Rudas gy. f. Attila-forrás	fúrt	+ 0,65	44	20,6
5.	Rudas gy. f. Hungária-forrás	term.	+ 0,59	76	0,8
6.	Rudas gy. f. Török-forrás	term.	+ 0,58	72	61,9
7.	Rudas gy. f. Juventus-forrás	fúrt	+ 0,53	20	53,3
8.	Rudas gy. f. Mátyás-forrás	term.	+ 0,52	54	39,6
9.	Lukács gy. f. Malomtó	term.	+ 0,33	200	1200,0
10.	Lukács gy. f. Római-forrás	term.	+ 0,08	160	1822,0
11.	Pünkösd gy. f. Artézi kút	fúrt	+ 0,08	100	824,0
12.	Óbudai Árpád-forrás	term.	+ 0,03	2000	2040,0
13.	Császár gy. f. János-forrás	term.	— 0,01	145	2,3
14.	Császár gy. f. Mária-forrás	term.	— 0,10	125	34,0
15.	Császár gy. f. Antal-forrás	term.	— 0,20	150	185,0

rossz foglalás következtében csak szűrőkutaknak tekinthetők ezek a kutak. Mindezekhez járul még a vízelvezető csatornák igen rossz állapota, melyeknek következtében vízbeáramlás történik a talajba és így a talajvízszintet szabálytalan időközökben befolyásolja.

Ezek a hatások közvetlenül ellenőrizhetők a rendszeres hőfokméréssel, amelyek közvetlenül bizonyítják, hogy azonos dunavízállás mellett hidegvíz hozzáfolyást is kapnak a kutak s ezáltal a vízhozamuk és vízszintjük változik.

Összefoglalva megállapíthatjuk, hogy a Duna vízállása számszerűleg kimutathatóan összefügg a budai gyógyforrások vízhozamával. A Császár-gyógyfürdő különös viselkedése a fenti magyarázat alapján nem csökkenti a vizsgálódás értékét, hanem további kutatásra ösztönöz. A Hidrológiai Osztály további kutatómunkájában az eddigi eredmények alapján keresi és meg fogja találni azokat az eljárásokat, amelyekkel a gyógyforrásokra ható különféle tényezők a legjobban kimutathatók.

5. A budapesti melegforrások összefüggésének kérdése

A budapesti melegforrások összefüggésére többször utaltunk. Ugyanekkor azonban egyesek ezeknek az összefüggéseknek érvényét kétségbevonták. A Magyar Tudományos Akadémia támogatásával sikerült munkaközösségünknek ezt a kérdést újabb megfigyelésekkel megoldani. *Horváth Lajos* gondos előkészítése alapján: *Cziráky József*, *Horváth József*, *Almásy Bálint*, *Márai Ferenc*, *Fehér Árpád* és *Várkay Iván* a Margitsziget I., II. és III., a Szabadságstrand Béke-forrása és az Elektromos Művek sporttelep kútjain összefüggésvizsgálatot végeztek. Ezek a kutak különböző mélységből, különböző csőrakattal percenként 400-tól 7000-ig terjedő liter vízmennyiséget vesznek ki, illetve adnak. Sajnos a Margitsziget II. sz. (Magda-forrás) kutat megfigyeléseinkből ki kellett kapcsolni, mert a sportuszoda üzeme nem engedte meg, hogy a kutat egy éjszakára lezárjuk. Így tehát a négy kútnál megfigyeléseinket az alábbiak szerint végeztük: a Béke-forrásnál és az Elektromos sportpálya kútjánál, a Margitsziget I. és III. sz. kutaknál egy kezdeti nyugalmi állás, vagyis elzárás után kétórai időkülönbséggel indulva határán keresztül folyattuk a vizet. Az elvett víz mennyiségét vízórával, illetve (Q_h) hozamgörbe segítségével határoztuk meg. A Margitsziget III. és a Béke-forrásnál vízelvétel alatt, és a zárás alkalmával is, higanyos manométerrel mértük a kútfejben lévő nyomást, illetve nyomásváltozást. A Margitsziget I. és az Elektromos sporttelep kútjánál — miután azok felcsövezett kutak — a nyugalmi szintet, vízelvételkor pedig a mindenkori vízszintet, illetve a vízszintváltozást mértük. Az Elektromos Művek sporttelepének kútjából vízelvétel nem volt. Ott csak a nyugalmi vízszintváltozást mértük. A mérést 1951. nov. 17-én 18 órakor kezdtük és 18-án 6 órakor fejeztük be. Bár szükségesnek tartottuk, hogy hosszabb időre terjesszük ki kísérleteinket,

azonban az érdekelt üzemek vízszükséglete miatt megfigyeléseinket csak 12 órán át végezhettük.

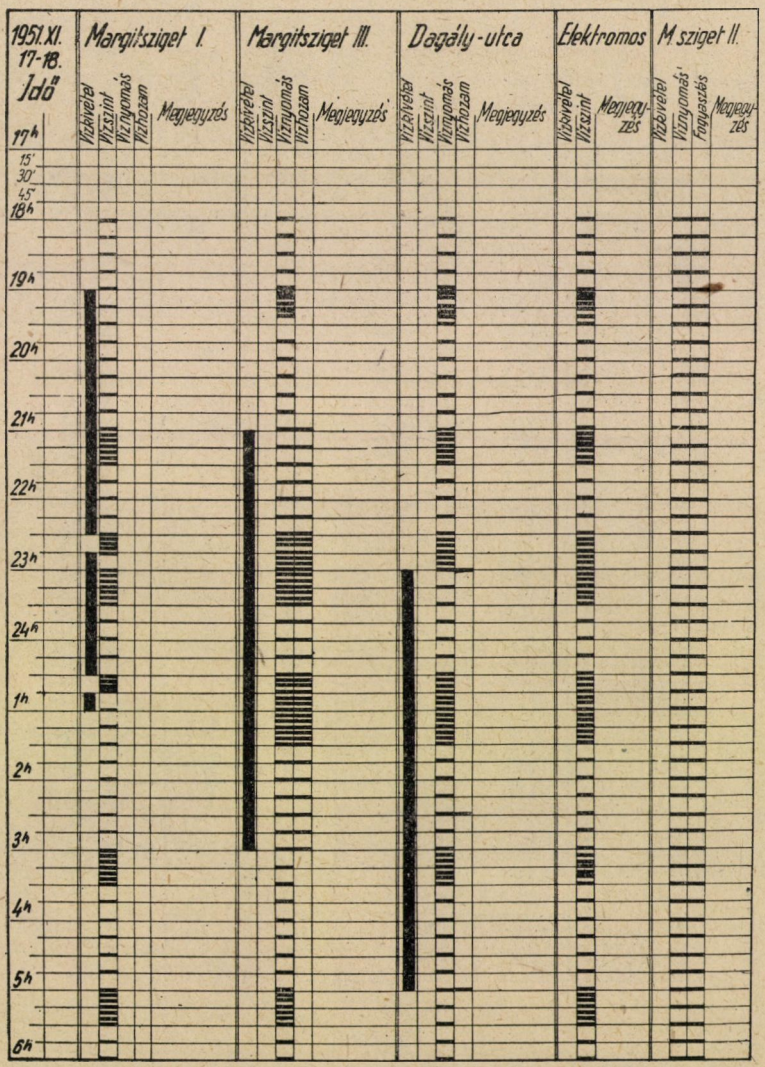
A felszerelt higanyos manométereket nem tudtuk használni, mert a lüktetésszerűen előtörő víz a higanyszálat úgy remegtette, hogy azon legfeljebb centiméter pontosan lehetett leolvasni, ami pedig vízoszlopban 10—20 cm-t jelent. A négy kút összefüggése a Margitsziget I. sz. kútjánál és az Elektromos Művek sporttelepének kútjánál a vízszint ingadozásával mutatható ki. A kutak összefüggését a grafikonból leolvashatjuk.

18 órától 19 óráig a négy kút le volt zárva. Ekkor a nyugalmi állapotot, a nyugalmi vízszintet mutatták a kutak. 19 órakor megnyitottuk a Margitsziget I. sz. kútnak a közvetlen kiömlőjét a Dunára. Ezen keresztül percenként 7000 liter vizet vettünk el és ennek a vízelvételnek megfelelt egy vízszint, ami az első két óra alatt nem változott. Nyitáskor az Elektromos Művek kútjának nyugalmi szintje előbb hirtelen, majd később, a második félórától már lassabban csökkent. Összesen 10 cm-t süllyedt a nyugalmi szint két óra alatt. 21 órakor megnyitottuk a Margitsziget III. számú kutat, miközben az I. kútból változatlanul vettük el a vizet. A III. kútból egy vízórán keresztül folyattuk a csatornába a vizet, percenként 5300 litert. A III. sz. kút megnyitásakor az I. sz. kútban és az Elektromos Művek sporttelepének kútjában a vízszint hirtelen süllyedni kezdett. Az I. kútnál a süllyedés egyenletesebb volt, míg az Elektromos Művek kútja félórát hirtelen, majd később lassabban csökkent. Az I. kútnál a süllyedés 6 cm, az Elektromos Művek kútjánál 8 cm volt. 22 óra 30 perckor negyedórára elzártuk az I. sz. kutat, majd újra kinyitottuk. E záráskor az I. sz. kútban a nyugalmi szint 10 cm-rel mélyebben volt, mint a kezdeti állapotban. A rövid zárással és nyitással mintegy meg akartuk lengetni a kutakban a vízszintet. Ez az Elektromos Művek kútjánál mutatkozott is, mivel két cm-es vízszintemelkedés volt észlelhető.

23 órakor kinyitottuk a Szabadság-strand Béke-kútját és percenként 3000 liter vizet vettünk el a téli öltöző medencéjébe. Ekkor a margitszigeti I. sz. kútban a vízszint 1 cm-t süllyedt. Az Elektromos Művek kútjánál azonban 23-órától 24 óráig 10 cm-t süllyedt egyenletesen a nyugalmi szint és további félóra alatt még 2 cm-t. 0 óra 30 perckor negyedórára a Margitsziget I. sz. kutat elzártuk és az Elektromos Művek kútjánál hasonlóan 2 cm-es vízszintemelkedést észleltünk, mint az előző meglengetéskor. Az I. sz. kútban elzáráskor a nyugalmi szint 16 cm-rel volt mélyebben, mint a mérések megkezdésekor.

1 órakor elzártuk véglegesen a Margitsziget I. sz. kutat. Ekkor a Margitsziget III. sz. és a Béke-kútból folyt csak víz. A zárás után az Elektromos Művek kútjának nyugalmi szintje egyenletesen emelkedni kezdett és 6 cm-t emelkedett 1 órától 3 óráig. 3 órakor elzártuk a Margitsziget III. sz. kutat is. Az I. sz. kútnak a nyugalmi szintje hirtelen 8 cm-t emelkedett és egyideig hullámzott, majd 4 és 5 óra között állandósult 5 cm-rel mélyebben az eredeti nyugalmi szint alatt.

Az Elektromos Művek kútjának nyugalmi szintje is 7 cm-t emelkedett a zárás után eltelt két óra alatt. Ekkor már csak a Szabadság-strand kútjából vettünk el vizet. 5 órakor ezt a kutat is elzártuk. Zárás után a Margitsziget I. sz és az

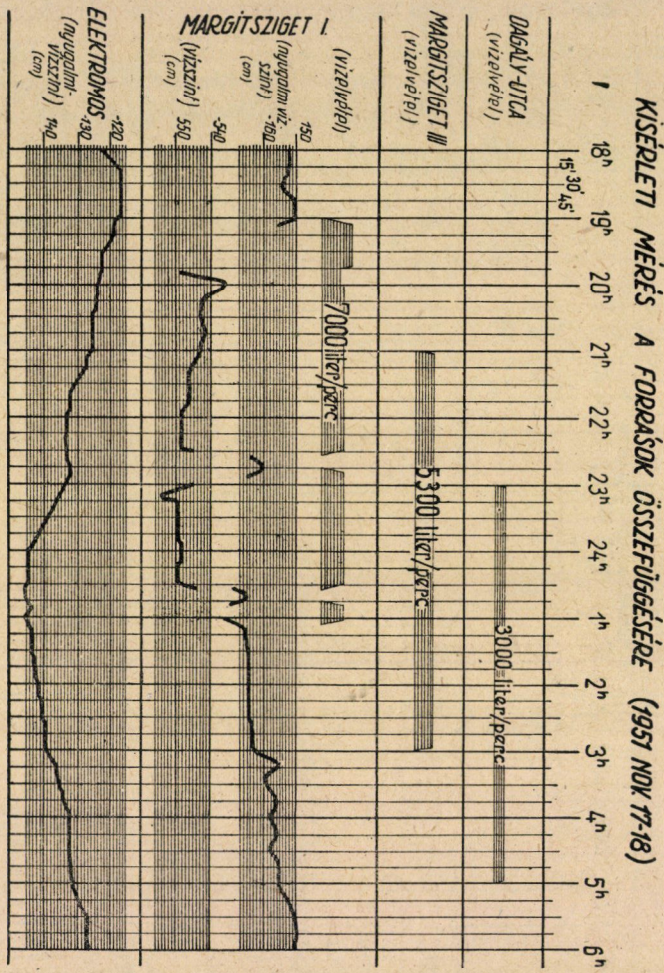


3/a. ábra

Elektromos Művek kútjának nyugalmi szintje hirtelen 5 cm-t emelkedett 6 óráig, vagyis a zárás után egy órával 5 cm-t emelkedett a kutakban a vízszint. A Margitsziget I. sz. kútban a nyugalmi szint 6 órakor elérte az eredeti szintet,

ami a mérés megkezdésekor volt. Az Elektromos Művek kútjának nyugalmi szintje 10 cm-el mélyebben állt a mérés befejezésekor, mint a kezdeti szint.

Kísérletünk eredményeként megállapíthatjuk, hogy a vizsgált kutak



3/b. ábra.

összefüggenek. Azt, hogy az összefüggés milyen mértékű, nehéz egy kísérlettel megállapítani. Az azonban kétségtelen, hogy az egyik kút hatása a másikra már az első 5 perc alatt érvényesül és két órán keresztül nem fejeződik be (lásd a 3/*a* és 3/*b ábrát*).

6. Vizsgálatok a légnyomás és egyes budai melegforrások nyugalmi vízszintjének, illetve vízhozamának összefüggésére

Kétségtelen, hogy forrásaink vízhozamára a Duna vízállása gyakorolja a legnagyobb hatást. Emellett a légnyomás is hat a vízhozamra. A légnyomás hatásának kimutatása azonban éppen a Duna erős hatása miatt nem mindenhol lehetséges. A Forráskutató Osztály részéről *Tarics Sándor*, majd *Komlósy Zsolt* kétséget kizáróan igazolták az összefüggést grafikusan, *Cziráky József* pedig, *Komlósy* és *Horváth Lajos* adatait korrelációszámítások alapján értékelte ki és így számszerű adatok állnak rendelkezésre az Erzsébet-sósfürdő melegforrása, a Rudas-fürdő Juventus- és Attila-forrása és a légnyomás közti összefüggés igazolására.

A légnyomás hatásának vizsgálatára igen alkalmas az Erzsébet-sósfürdő artézi kútja, mert a Dunától 1400 m távol van, tehát a Duna vízállásának hatása nem olyan erős, mint a dunaparti forrásoknál. Ez az 536,5 m mély pozitív artézi kút felcsövezve áll rendelkezésre. A felcsövezés 3,8 méterre emelkedik a terep fölé, a cső átmérője 260 mm. Úszó segítségével 1950. augusztus és szeptember havában 42 alkalommal napi nyugalmi vízszintméréseket végeztünk. Ezeket az adatokat vetettük egybe a Meteorológiai Intézet napi légnyomás középértékeivel.

A vízfelületre ható magasabb légnyomás a kútban a nyugalmi vízszintet lenyomta, tehát a légnyomás és vízszint között negatív összefüggés áll fenn. Az elvégzett korrelációszámítás igazolta ezt a feltevést $r = -0{,}40$ értékével. Az összefüggés elég gyenge, de figyelembe kell venni, hogy a nyugalmi vízszint kialakulására más tényezők is hatottak. A ható tényezők közül a legerősebb volt a dunavízállás változása, továbbá a lüktető vízfeltörés és az úszó zsinegének súrlódása.

A Rudas-gyógyfürdő Juventus- és *Attila-forrásának* vízszintváltozását *Komlósy* 1943. február és március havában naponként figyelte és megállapította annak a légnyomással való összefüggését. Az időpontot szándékosan választottuk így meg azért, mert a légnyomás ebben az évszakban igen változó, a Duna vízállása pedig közel állandó. *Cziráky József* az adatokat korrelációszámítással átértékelte és eszerint: Az Attila-forrásnál $r = 0{,}52$, a Juventus-forrásnál pedig $r = 0{,}42$ értékeket kapta. Az összefüggés ennél a két forrásnál is elég gyenge, azonban figyelembe kell venni, hogy a Duna vízállása csak a megfigyelési időtartam második felében volt közel állandó.

Az Attila-forrás a Dunaparttól 44 m-re, a Juventus-forrás pedig 20 m-re van. Annak ellenére, hogy az Attila-forrás távolabb van a Dunától, mint a Juventus, mégis a korrelációszámítás szerint a Juventus-forrásra jobban hatott a légnyomás, kevésbbé volt erős a Duna hatása, mint a távolabb levő Attila-forrásnál. Ez az összefüggés az átfúrt rétegek kőzeteinek vízáteresztő képességével magyarázható. A fúrások adatai szerint a Juventus-forrás és a Duna között

a vizet át nem eresztő 32 m vastag budai márga mintegy szigeteli, távoltartja a Duna víztömegének közvetett hatását, az Attila artézi kútnál viszont a márgaréteg 11,6 m, míg a többi vizet áteresztő porló lisztes dolomit, melyen át a Duna hatása sokkal erőteljesebben érvényesülhetett.

E tapasztalatok alapján a közeljövőben hosszabb időn át, tervszerűen és rendszeresen fogjuk a 3 forrás vízszintje, a légnyomás és Duna vízállása közötti összefüggést vizsgálni (lásd a IV. táblázatot).

IV. TÁBLÁZAT

Korrelációszámítások eredményei

a légnyomás és egyes budai meleggyógyforrások nyugalmi vízszintje, illetve vízhozama között

	Forrás neve	Korrelációs tényező	
		vízhozam	nyugalmi vízszint
1.	Erzsébet-sósfürdő kútja	—	—0,40
2.	Rudas-gyógyfürdő, Attila-forrás	—0,52	—
3.	Rudas-gyógyfürdő, Juventus-forrás	—0,42	—

7. A gyógyvizek értékmegállapításának kérdése

Munkaközösségünk foglalkozott a gyógyvizek értékének megállapításával kapcsolatos számításokkal is. *Török László* és tőle függetlenül *Várkay Iván* igen érdekes és sok szempontot figyelembevevő számításai elkészültek. Ezek alapján a jövőben az egyes gyógyvizek viszonylagos értékét, a kihasználás mértékét, illetve a fejlesztés lehetőségeit is biztosabb alapokra fogják fektetni. Két fiatal munkatársunk más helyen fogja elgondolását bírálatra bocsátani és erről a kérdésről részletesen beszámolni.

8. Új gyógyvizek feltárása

Ami az *új gyógyvizek feltárására irányuló törekvéseinket* illeti, errevonatkozólag a következő elgondolásaink vannak.

Mindenekelőtt a feledésbe ment, divatjamúlt gyógyvízelőfordulásokat keressük fel, részben az I. sz. Tervezési tanszék *Kiss Tibor* professzor irányítása alatt álló lelkes szigorló építészmérnökök, részben saját munkatársaink segítségével.

a) A mult év végén, illetve az év elején 19 ilyen *elöregedett*, illetve *felhagyott* gyógyvízelőfordulást kerestek fel munkatársaink, kutatva az üzem megszűnésének okait és kidolgozva a jövő fejlesztésének terveit.

A megszűnés oka rendszerint nem geológiai ok, hanem az ember, aki nem áldozott, nem fáradt azért, hogy a gyógyvíz rendeltetésének eleget tehessen.

Ilyen helyek : Alap, Bánk, Budaörs, Csopak, Decs, Diósgyőr, Tapolca, Diósjenő, Erzsébet-sósfürdő, Gyöngyös, Kács, Kéked, Kékkút, Mád, Mezőkövesd, Obornok, Pétfürdő, Putnok, Szerencs, Tinnye, Zánka. Ezeken a helyeken az ember gyarlósága vetett véget a gyógyvizek üzemfenntartásának. Ezeknek újra az élet szolgálatába való állítása egyik legszebb feladatunk. Mi forrástani szempontból vállaljuk azok rendbehozatalára irányuló tervek összeállítását, sőt a kivitelnél is készséggel közreműködünk.

b) Van azonban egy nem kevésbbé fontos feladatunk is : *új gyógyvizeket keresni bányaművelés* közelében, illetve olyan helyeket kijelölni, ahol a gyógyvizek feltárása geológiai szempontból lehetséges. Mind a kétféle megoldásra találtunk példákat. A Börzsönyi hegységben : a Kovács-patak völgyében lévő érckutató tárnákból Ca, Mg tartalmú szulfátos vizet, a Mátra déli oldalában pedig hasonlóképpen az egyik érctárna vizének összetételét vizsgálta meg munkaközösségünk részéről *Mándy Tamás* vegyészmérnök. A megvizsgált három víz ásványvíz jellegű. A felhasználás lehetőségét további vizsgálatok döntik majd el. Ugyancsak élénk figyelemmel kísérjük szénhidrogén kutatásaink fúrásait is, melyek közül már nem egy kitűnő gyógyvizet hozott a felszínre. E fúrások közül az elmúlt évbeliek közül kiemelkedik a Nagykanizsától ÉNy-ra lévő 100 C°-nál melegebb vizet adó Obornok község határában lévő ásványvíz. Ilyen jellegű még Lábod (Somogy m.) 70 C°-os ásványos gyógyvize is.

c) De mi tovább megyünk. Terveink között ott él a Balaton és hisszük, hogy a következő ötéves tervbe beilleszthető lesz, legalább egy olyan mélyfúrás a déli parton, mely meleg s gyógyvizű lesz és hozzájárul gyógyvizeink változatos sorának gazdagításához. És ezzel sem elégedünk meg — tovább fogunk harcolni, hogy Sztálin-város, Katalin-puszta, Sirok, Felnémet, Komló, Tatabánya, Salgótarján, Kisterenye, a sajóvölgyi szénbánya-, illetve ipartelepi vidék, valamint Rudabánya és Aggtelek megkapják küzdelmeik jutalmául, mélyfúrások révén a megfelelő ivó, ill. gyógyvizet. Ugyanígy Parád és Sóshartyán is eddigi ásványi gyógyvizeik kiegészítésére, mélyfúrásokkal meleg, új gyógyvizek birtokába jusson. Mindezek nem álmok, hanem tervek, melyeknek megvalósításához alapot adnak azok a geológiai megfigyelések, melyeket az *Állami Földtani Intézet* kiváló hidrogeológusai végeznek, melyet mi szerveztünk meg az Akadémia hathatós támogatásával, s melyet kormányzatunk eddig még soha nem tapasztalt megértő, nagyvonalú, áldozatos egészségügyi politikája is lehetővé tesz. Segítségünkre van az itt időző *Nyevrajev* professzor tanácsadásaival, melyből különösen azt az értékes tanulságot vontuk le eddig, hogy a gyógyvizek és gyógyforrások kutatásánál még teljesebb mértékben kell kimélyíteni a forrástani, hidrológiai vizsgálatok és a kémiai elemzések kapcsolatát. A jövőben tehát, megfogadva *Nyevrajev* professzor tanácsait, a kémiai vizsgálatokat a multhoz hasonlóan rendszeresen kell végezni, mégpedig a Kémiai- és a Hidrogeológiai Osztállyal munkaközösségben.

A Hidrogeológiai Osztály 1950. évi munkáját az előzőekben ismertetve azt igérhetem, hogy továbbra is folytatni szándékozunk a gyógyvizek rendszeres és tervszerű vizsgálatát. Példát maguk a megfigyelések tárgyai : a gyógyforrások adnak, melyek szünet nélkül törnek elő, hogy újabb és újabb értékekkel gazdagítsák országunk javait, annak legjobban rászoruló tagjait — a munkában kifáradt, beteggé vált dolgozókat. Mi megfigyeléseken alapuló ismereteket és kutatásokkal feltárt, fenntartott gyógyvizeket akarunk az élet szolgálatába állítani.

HOZZÁSZÓLÁSOK

PAPP FERENC előadásához

KISS TIBOR

A gyógyvíz-ásványvízkutatást a multban bizonyos fokú ötletszerűség jellemezte. Az Országos Balneológiai Intézet felállítása óta ez a munka is tervszerűvé vált, mint manapság minden munkánk. A hidrológiai forráskutató osztály munkaközössége a Magyar Tudományos Akadémia támogatásával számos vizsgálatot végzett, melyekről előadásában *Papp Ferenc* beszámolt. Az Akadémia feladata a tudományt az élettel összekapcsolni, az eredményeket népünk használatára gyümölcsöztetni. Fel kell tenni a kérdést : ezzel és az ilyen irányú munkával befejeződött-e minden tennivaló? Megítélésem szerint nem.

Ez a munka felkutatja az értékeket, felbecsüli azokat, nyilvántartja természeti kincseinket, s az elemzéssel megmutatja, mire használhatók. Ezzel *népünknek* közvetlenül nem válik tulajdonává. A nép a természetet, annak ezt az adományát nem veheti át a maga hasznára.

Nem érünk semmit az olyan forrással, mely időtlen idők óta csörgedezik s a környékbeliek érdektelenül elmennek mellette és csupán Budapesten tudnak róla.

Nem haszon számunkra, ha geológusaink tudják, hol lehetne gyógyvízre bukkanni, de a fúrást nincs aki elindítsa.

Nem helyes, hogy meglévő, ismert gyógyhatású vizet eldugaszolnak, nehogy kifolyó víztömege eláztassa a földeket, esetleg forró vize leforrázzon gyermekeket.

Nem helyes, hogy a nyilvántartott beteg dolgozóink munkahelyeinek közelében van egy tudományosan kielemzett gyógyforrás, de az nincs gyógyfürdővé kiépítve számukra.

Helytelen, ha üdülővidéken, mint a Balatonon, meglévő gyógyvizet nem juttatunk a pihenő dolgozóknak, amikor azok a rossz ivóvíztől megbetegednek.

Javasolom tehát :

1. hogy a Reuma- és Fürdőkutató Intézet Forráskutató Osztálya közös munkabizottsága kiegészüljön gyakorló orvosokkal és gyakorló építő mérnökökkel. Ez mint állandó munkabizottság folytassa tovább értékes tudományos vizsgálatait, de egyidőben annak gyakorlati értékesítésére a jelenlevő orvos javaslatára a szintén jelenlevő mérnök kiviteli tervet készítsen a föld kincseinek gyümölcsöztetésére. Minden egyes gyógyvízelőfordulásra határozott megoldást keresünk. Így létesülhet jó forrásfoglalás, palackozó üzem, népgyógyfürdő, mezőgazdasági telep, primőrtermesztés, baromfitenyésztő, üvegházi kultúra stb.

Az erre vonatkozó előmunkálatokat az Akadémia támogatásával már az előző évben megkezdtük, be is számoltunk róla. De a munka sajnálatos módon megakadt, pedig azt folytatni kellene.

2. A munka tervbeépítéséről és kiviteléről természetesen az illetékes szakminisztériumoknak, gondolom : az Egészségügyi Minisztériumnak, a Belügyminisztériumnak, valamint a Népgazdasági Tanácsnak kell gondoskodnia.

Lehetetlen, hogy a gazdaságos termelés és többtermelés idejében a meglévő értékek elvesztése, elpocsékolása felett napirendre lehessen térni.

Az Akadémia ebben az utóbbi termelési kérdésben természetesen nem tud közvetlenül cselekedni, de azt kérem — s úgy vélem helyesen —, hogy tudo-

mányos súlyával hívja fel a Párt és a kormányzat figyelmét a tennivalókra és azonnali cselekvésre.

Két éve készülődünk már. És ebben a tekintetben történt is már kezdeményezés. Egy meglévő gyógyvíz : Csokonya-Visonta kihasználására rendelkezésre állott már építési költség, terv, felvonulás. Sajnos, más okokból kifolyólag a munka még nem valósulhatott meg.

A nagyértékű tudományos eredményeket gyakorlatilag kell felhasználni, éspedig minél előbb, hiszen 143 000 m³ hideg és langyos, 117 500 m³ meleg, 27 400 m³ hév, tehát összesen kb. 288 000 m³ gyógyvizünk folyik el naponta, tehát percenkint 200 000 liter, nagyrészt kihasználatlanul szerte az ország területén.

A gyógyvíz abban a pillanatban kinccsé válik, ha a forrásokat méltó módon foglaljuk és minden egyes arra alkalmas helyen építünk is megfelelő létesítményeket.

Sok ilyen területre van szükség, amelyek egyenkint nem nagy objektumok, de gazdaságosak és népünk kultúráját széles alapokra fektetve mutatják meg.

SCHULHOF ÖDÖN

A vizsgálatok, melyeket *Papp Ferenc* ismertetett egyszerű módszerekkel, igen fontos tényekre mutatnak rá. Egyik érdemük, hogy megmutatják, hogy szorgalommal és lelkesedéssel milyen csekély anyagi eszközök igénybevételével is lehet eredményeket elérni.

A vízhozamokat befolyásoló tényezőkre vonatkozó eredményekből levonható gyakorlati következtetésekhez szeretnék néhány szót szólni.

A források vízhozama fontos minden üzemi felhasználás szempontjából, akár ipari kitermelés, melegvízfűtés, vagy gyógyítás céljára akarjuk értékesíteni. Egy forrás jellemzésekor első szempontjaink közé tartozik a vízhozam, hiszen tervezéseinkben egészen másképp foglalkozunk a gyógyítás szempontjából legértékesebb vegyi összetételű vízzel, ha az percenként 2,5 lit. vizet ad, mint a másikkal, amelyik 3 vagy 30000 lit/sec hozamú.

A vízhozamot befolyásoló tényezők ismerete fontos a forrás stabilitása szempontjából és fontos magának a mérésnek az értékelése szempontjából is. Előfordulhat, hogy hamis kép alapján készítjük el felhasználási tervünket, ha éppen olyan adat áll a rendelkezésünkre, melyet optimális kísérő körülmények között végzett méréssel nyertek.

A forrásoknak egymásközötti összefüggése és a vízhozam kölcsönös befolyásolása is igen fontos adat akkor, amikor a hőenergia felhasználásánál arra kell vigyázni, hogy a gyógyfürdők vízellátását ne veszélyeztessük. Még akkor sem közömbös ez a kérdés, ha fölösleges vízmennyiségek állnak rendelkezésre. Azt mondhatná ugyanis valaki, hogy ott, ahol fölöslegesen sok víz áll rendelkezésre és távolabbi helyen van rá szükség, nem egyszerűbb-e új fúrás által feltárni a vizet, mint távvezetékkel elvezetni. Példának fel is hozhatná a margitszigeti III. kút példáját, mely a Dagály-utcai *Béke-forrás* által csökkentett vízhozamával is többet ad, mint amennyire a Margitszigeti Nagyszállónak és a régi fürdőnek szüksége van. Ez így helyes is lenne, ha a vízadó réteg újabb megnyitása és a vízelvétel lényeges fokozása nem változtatta volna meg nagymértékben a margitszigeti forrás vizének kémiai összetételét is.

Az ország gyógyvizeinek felhasználása a közeljövőben nagy fejlődés elé néz, ha követni fogjuk a Szovjetunió egészségügyének példáját, ahol a gyógyvizekkel való gyógyításnak sokkal nagyobb fontosságot tulajdonítanak, mint ahogy azt a hivatalos körök nálunk eddig tették. Az orvostudomány fejlődése *Pavlov* nervizmusának irányában a gyógyvizek hatásmódjának magyarázatánál a felhasználás indicatióinak és kontraindicatióinak kidolgozásánál olyan ismereteket ad kezünkbe, melyeknek eddig hiányát éreztük és amely hiány nagyban akadályozta a balneológia hazai fejlődését.

Éppen most tehát, amikor ilyen fejlődési időszak kezdetén állunk, fokozott mértékben fontos, hogy gyógyvízkincsünkre vigyázzunk, hogy ezáltal mennél több beteg dolgozót tudjunk segítségükkel meggyógyítani és a termelőmunkába visszaállítani.

BACSÓ NÁNDOR

Örömmel és megelégedéssel vettük tudomásul az elhangzott előadásból, hogy a hidrológiai kutatásoknak a gyógyforrásokkal kapcsolatos tanulmányai kiterjednek a gyógyforrások vízhozama és az időjárás, illetve éghajlat közötti kapcsolatok kutatására is.

Ez azért különös jelentőségű, mert ennek a részletvizsgálatnak komoly gyakorlati hasznát láthatjuk a felhasználásra váró gyógyvíz mennyiségének előre történő megbecsülésében, a ható tényezők szerepének pontos, számszerű megállapításában. Ha ezeknek megállapítása sikerül, akkor valószínű, vagy legalább is lehetséges, hogy megtalálhatjuk a módját a gyakorlati beavatkozásnak, a jelenség befolyásolásának, tehát majd ezen a téren is a természet tudatos és célszerű alakításának terére léphetünk.

A beszámoló megemlékezett a légnyomás és a vízhozam közötti összefüggés korrelációszámítás útján történt kiértékeléséről és arra az eredményre jutott, hogy a korrelációs tényező negatív, számértéke pedig 40% körül van. Egyben arról is tudomást szereztünk, hogy a Duna vízállása és a források vízhozama közötti kapcsolat 70%. A légnyomási tényező minősége bizonyítja az összefüggés irányát és arra nézve is útmutatást ad, hogy a légnyomás a forrás kimeneti vízfelületére hat, mert növekedése csökkenti a vízhozamot. *Komlósy, Cziráky és Horváth L.* vizsgálatainak egybehangzó eredményei tehát tisztázták ezt a fontos kérdést.

Ami a korrelációs tényező igen szerény nagyságát illeti, az a véleményem, hogy a kutatók által talált tényező a két jelenség sokkal szorosabb kapcsolatát is kimutatná és az sokkal nagyobb volna, ha csak az arra az időszakra vonatkozó adatokat hasonlítaná össze, amelyekben a másik két fontos külső tényező, a Duna vízállása és a forrás vízgyüjtőjének csapadékmennyisége közel állandó illetve felbecsülhető, és ezért a vizsgálatkor hatásuk kiszűrhető lenne. Ezért a kutatás folytatásához a következő módszert ajánlom:

1. Napi vízhozammérések, illetve tükörmagasságmérések adatai hasonlítandók össze lehetőleg egyenletes Duna-vízállás mellett a napi légnyomási közepekkel. A korrelációs tényező csak egyenletes vízállás mellett nyert forráshozam adatokra állapítható meg.

2. A feltételezett vízgyüjtő, helyesebben hozzáfolyási terület csapadékadatainak és a vízhozamadatoknak az összevetése.

3. Az általános talajvízszint ingadozásának és a forráshozam ingadozásának összehasonlítása.

Budapest fővários területén jelenleg mintegy 50 helyen történnek rendszeres csapadékmérések. A csapadék és forráshozam összefüggésének nagyságrendi megállapításához első lépésként javasolom a Budapesten fellépett nagyhozamú záporesők után a forráshozamok változásának vizsgálatát. Valószínű, hogy ez a vizsgálat útmutatást ad a csapadék és a forráshozam összefüggésének nagyságrendjére. Havi átlagok és kis napi csapadékok összehasonlítása a többi tényező aránylag nagyobb hatása miatt valószínűleg nem elegendő.

A záporok előfordulási ideje, továbbá ezek vízhozamai a Meteorológiai Intézet rendelkezésére állanak és a Nagybudapest területéről készítendő eloszlási térképeik az illető forrás vízgyüjtő, helyesebben külső hozzáfolyási területének elhatárolására is valószínűen módot adnak, ha a vizsgálat elég aprólékosan történik.

A jelenlegi helyzet ugyanaz, hogy sok értékes thermálvíz folyik el felhasználatlanul, ez azonban a mult gazdálkodása, a jövő egyre alaposabban kiépülő tervgazdálkodásában megszűnik, ehhez pedig éppen a tudományos kutatás adhatja meg a számszerű alapot.

Természetesen ennek előfeltétele a forráshozam egynapon belüli változásának vizsgálata. Ha ez teljesül, akkor az említett meteorológiai jellegű tényezőkkel való összevetésük igen fontos összefüggésekre fog rávilágítani.

Ismételten örömmel véve tudomásul a forráskutatásban a meteorológiai kutatás eredményeinek a hasznosítását, annak a reménynek adok kifejezést, hogy az együttműködés a hidrológiai és meteorológiai tudományok képviselői között termékeny lesz és a tudományos megállapításokon kívül gyakorlati eredményekre is vezet az ötéves terv teljesítése és túlteljesítése vonalán.

KENYERES LAJOS

Az előadás a források vízhozamának külső tényezőkkel való összefüggésével és új forrásokat felkutató kérdések megvilágításával foglalkozott. Mind a két kérdés összefügg a természetvédelem feladataival. Engedjék meg, hogy a kérdések összefüggéséről néhány szót szóljak.

A természetvédelem felismerte gyógyforrásaink természeti értékét. Az Országos Természetvédelmi Tanács Budapest régi határán belül külső védterületet jelölt ki és ezen a védterületen lévő összes meleg és langyos gyógyforrásokat és gyógyvizű kutakat természetvédelmi értékeknek nyilvánította. A határozat értelmében védelemben részesül a gyógyforrások vizének természetes mennyisége, minősége, minden fizikai és vegytani tulajdonsága. A védelem célja a gyógyforrások vizét eredeti állapotában megőrizni, természetes és ember által okozott károk befolyásától megvédeni. Természetes, hogy a védelemről szóló határozat csak annyit ér, amennyit a gyakorlatban megvalósítunk belőle. Ebben a kérdésben a gyakorlati munka már igazolta is a védelem szükségességét. Az Erzsébet-híd építkezésével kapcsolatos talajvizsgáló munkálatok, fúrások elindítása előtt az illetékes minisztérium megbecsülve a természetvédelem célkitűzését, az Országos Természetvédelmi Tanács bevonásával értekezleten vitatta meg és határozta el azokat az óvintézkedéseket, amelyeken keresztül megakadályozzuk az érdekelt források természetes állapotában bekövetkezhető káros változásokat. Így vigyázunk ezekre a védett természeti értékekre és biztosítjuk közös erővel, hogy a fúrási munkálatok által ne csökkentsük a források vízhozamát és ne rontsuk vizének kémiai összetételét. Meg kell állapítsuk,

hogy csak szocializmust építő országokban vannak ilyen lehetőségek, mert marxista-leninista szemlélettel nyúlunk a kérdésekhez és Pártunk állandó támogatásával oldjuk meg azokat.

A kutatómunka kimutatja a gyógyforrások vízhozamát befolyásoló különféle káros tényezőket. Ezeknek az eredményeknek az alapján megállapíthatjuk a beállott változásokat, illetve azok okait is. A minőségi vizsgálatoknak szükségét kétségtelenül megállapíthatjuk természetvédelmi szempontból is, mert a változásokból tudjuk kiértékelni azokat az esetleges káros befolyásokat, amiket meg kell szüntetni a védelem érdekében. A forrásokat védetté nyilvánító határozat elő is írja a gyógyforrások vizének állandó vizsgálatát. Ezzel összefüggően helyes a forrásvíz értékmegállapítására törekvő kutatómunka is.

A kutatómunka eredményei alapján megállapítást nyert, hogy a Duna vízállása kimutathatóan összefügg a budai gyógyforrások vízhozamával. Ilyen körülmények között a Duna vízállásától függően változik a talajvízszint. Ezeket a hatásokat a rendszeres hőfokméréssel ellenőrizték, melyek bizonyítják, hogy azonos dunavízállás mellett hidegvíz hozzáfolyást kapnak a kutak és ezáltal nemcsak a vízszintjük, de a víz hőfoka is csökken. Ennek megállapítható oka, hogy a kútfoglalások nincsenek jól kiképezve, a vízelvezető csatornák pedig rossz állapotban vannak. A természetvédelem célkitűzéseinek gyakorlati megoldása szükségessé teszi, hogy a gyógyvizek egyik minőségi tényezője, a hőfok védelmének érdekében az üzemek több gondot fordítsanak a forrás és kútfoglalás tökéletes kiképzésére és a vízelvezető csatornák állandó karbantartására. A Szovjetunióban a gyógyforrások környezetét széppé tették, hogy a gyógyulást kereső dolgozók egyben a környezet gyönyörűségét is élvezzék, de elsősorban nagy gondot fordítanak a forrásokat kezelő üzemek minden káros befolyást akadályozó berendezési tárgyainak jókarbantartására. Erre kell vegyék az irányt a mi gyógyforrást kezelő üzemeink is.

Mindezeknek a kérdéseknek a megoldása a fejlődés, haladás ügyét szolgálják. Azonban nemcsak a fővárosi gyógyforrásokra, hanem az ország egész területére kell gondolnunk. Szocializmust építő hazánk ipari ország lesz. Az ötéves terv megvalósításának során napról-napra több gyárunk és üzemünk lesz nemcsak Budapesten, de az ország minden zugában. A munkások, munkabérből és fizetésből élő becsületes dolgozók száma mind nagyobb lesz és az igények növekedni fognak minden vonalon. Az üdülést, gyógyulást keresők száma is mindinkább szaporodik. Az új gyógyvizek felkutatására és feltárására tervezett kutatómunka szükséges az ország különböző területein. A Természetvédelmi Tanács eddig még csak a fővárosi gyógyforrásokat nyilvánította védetté, de védelemben fogja részesíteni az ország egyéb területein lévő értékes gyógyforrásokat is. Most foglalkozunk az iszkaszentgyörgyi 24 C°-os, ú. n. *Duzzogó-tó* forrásának és az azt környező parkerdőnek védetté nyilvánításával. Javasolom, hogy a kutatómunkát terjesszék ki a Duzzogó-tó forrásvizének vizsgálatára, esetleg új forrás feltárására. Nem olyan távol ettől a helytől épül büszkeségünk, az inotai erőmű. Gondoskodjunk róla, hogy a mű építőinek, harcos munkásainak a közelben kirándulásra, pihenésre alkalmas üdülőhely létesüljön.

A régi forrásnyomok kutatásával kapcsolatban javasolom, hogy ezen a téren olyan értékek felkutatásával foglalkozzunk, amelyek különlegesek és alkalmasak arra, hogy egyetemi ifjúságunk tudományos képzését tanulmányi kirándulások során szerezhető tapasztalatokkal elősegítsük. Ilyen terület például a tihanyi félsziget, melynek tájvédelmi körzetté nyilvánításával most

foglalkozunk. Ezen a területen található természeti értékek, a gejzirit-kúpok, melyeknek megismertetése mind a tanuló ifjúság, mind a kiránduló dolgozók természettudományi ismereteinek gyaparitására alkalmasak.

A természetvédelmi munka néhány ismertetett gyakorlati megnyilvánulásából megállapítható, hogy természetvédelmünk célkitűzése és minden igyekezete természeti értékeinket az egészségügy, a kutatómunka, a nevelés, a tudományos képzés, egyszóval dolgozó népünk felemelkedése szolgálatába állítani.

PÁTER JÁNOS

A betegek gyógyítása, a dolgozók üdültetése szempontjából nem közömbös, hogy az ország természetes gyógytényezőinek erejét kihasználjuk. Ez a kihasználása csak akkor lesz célravezető, és a gyógyítás, valamint a munkaerő regenerálása céljából eredményes, ha annak igénybevételével, indokolásával és használatával orvosaink tisztában vannak. Enélkül gyógy- és ásványvizeink kiaknázatlan kincset jelentenek.

A magyar orvosképzésben az orvosnövendékek megtanulják a gyógyszeres kezelést, ezt a szigorlatokon meg is követelik tőlük. Nem áll ez természetes gyógytényezőinket illetőleg. Az orvosnövendék alig, vagy semmit sem hall kiképzése során a gyógyvizekről, az ásványvizekről, a klimatikus gyógytényezőkről és a sugárzások jelentőségéről.

Budapesten az Orvostudományi Egyetemen ajánlott tárgy a balneológia. A balneológia előadója azonban az elmúlt időkben katonai szolgálatot teljesített és így az orvosnövendékek balneológiát nem hallgathattak. A vidéki egyetemeken egyáltalán nem tanították a balneológiát. Ez az állapot nem egészséges és visszatetsző a világ egyik gyógyforrásokban és ásványvizekben leggazdagabb országában. Nyilvánvaló, hogy az ásványvíz és gyógyvíz értékesítő vállalatok prospektusai az egészségügyi propaganda terén nem pótolhatják azt, amit az orvosnövendék tanulmányi ideje alatt hall és tanul a gyógyvizekről és ásványvizekről.

Az említett visszás állapot megszüntetése érdekében javaslatom a következő. Miután a közelmultban a vidéki egyetemeken is megszűntek a kettős tanszékek s mindenhol szétválasztották a közegészségtant a mikrobiológiától, a közegészségtan professzorának bő lehetősége nyílik arra, hogy a kötelező ivóvíz hygiénéjének a leadásán kívül, vagy annak keretében kielégítő módon foglalkozzék balneológiával. Ismertesse hallgatóival a gyógy- és ásványvizeket, azoknak beosztását, hatásmechanizmusát, indikációit és Magyarországon való előfordulásukat. Amennyiben a vidéki egyetemek rendelkeznek kellő balneológiai képzettséggel biró előadóval, úgy ½ évi időtartamú önálló tárgyként lehetne taníttatni a balneológiát.

Szükségesnek látnám azt, hogy a fenti javaslatot a Magyar Tudományos Akadémia az Egészségügyi Minisztériummal megbeszélve, az egyetemi oktatás keretében kötelezővé tenné.

KÖVESI ISTVÁN

Mint egyszerű munkásember szólok hozzá az előadáshoz. 1928. óta vagyok a Széchenyi Gyógyfürdő műszaki dolgozója. Azóta *Papp Ferenc*cel többízben, sokszor kéthetenként mértük az I. sz. forrásunk hőfokát és vízhozamát. Eleinte,

mint egyszerű munkás csak felesleges passziónak tekintettem ezt a tevékenységet és nem tulajdonítottam neki tudományos jelentőséget. 1945. óta, mint főgépész, belemélyedtem a munkába és Papp Ferenctől kapott felvilágosítások alapján megismertem azokat a kérdéseket, amelyeket mai előadásában elmondott.

Látom a hozzászólásokból, hogy ezek a lelkes emberek, akik a források karbantartásával foglalkoztak, s bennünket is ösztönöztek, mindeddig csak társadalmi munkát végeztek. Felhívom az illetékesek figyelmét, hogy módot kellene találni arra, hogy a források kezelését olyan szerv irányítsa, amely állandóan szem előtt tartaná azok hozamát és vegyi összetételét. Mióta *Sarló Károly* nyugdíjba került, a Széchenyi fürdő forrásainak vegyi mérésével senki sem törődik, pedig az olyan fontos tényező, amit állandóan figyelemmel kellene kísérni. Mikor a II. sz. forrást üzembehelyezték, az I. számút egyszerűen teljes hozamával a csatornákba eresztették anélkül, hogy felhasználták volna ezt a sok kalóriát akkor, mikor az egész dolgozó nép azon fárad, hogy mezőgazdasági országból ipari országgá fejlődjünk. Ezt a kérdést a Fűtéstechnikai Gazdasági Iroda vette kézbe, amelynek szívesen álltunk rendelkezésére adatokkal és felvilágosításokkal. A tudományos munkának és kutatásnak meg is lett az eredménye, mert ma már az I. sz. forrás vízhozamát felhasználják az Állami Kórházban és a MÁV-kórházban gyógyászati célokra, a BSZKRT javítóműhelyben pedig melegvíz pótlására, amivel sok szenet takarítunk meg.

Még sok tennivaló van ezen a téren és ezzel a problémával foglalkozni kell. Most, hogy a budapesti gyógyfürdők és gyógyforrások közös vállalatba tömörültek, több alkalom fog erre nyílni. Szomorúan állapítom meg, hogy értékes forrásaink mennek veszendőbe, azok foglalása a legelhanyagoltabb állapotban van, a legpiszkosabb helyeken, a legrosszabbul vannak karbantartva.

A Széchenyi-fürdő I. sz. forrásával nagy eredményeket lehetett elérni, ez a példa szolgáljon okulásul. A források felülvizsgálásával és felhasználásával sokezer kalóriát takaríthatnánk meg.

Végül köszönetet mondok az Akadémia támogatásáért, amely lehetővé tette, hogy a források közti különbségek mérését sikerült végrehajtani.

BALOGH JENŐ

Papp Ferenc és munkatársai komoly munkát végeztek. Ez a munka nem volt elvont, öncélú kutatás, hanem szorosan összefügg a mindennapos élettel, a szénkérdéssel és ezáltal iparunk és a hőgazdaság fejlődésével. A forrásosztálytól kaptunk adatokat arra vonatkozólag, hogy az országban az 50 C° fölötti hőmérsékletű források vize évente 26 000 vagon szén hőenergiájával egyenértékű és ez veszendőbe megy. Az ország összes központi fűtésének évi szükséglete nem sokkal több ennél.

Az Országos Tervhivatal mult év folyamán a hőforrások hasznosítására felállította a Fűtestechnikai Gazdasági Irodát. Munkánk célja az volt, hogy azokat a forrásokat, amelyek a gyógyászat terén nem jöhetnek számításba, kíséreljük meg a népgazdaság számára értékesíteni akár ipari, akár más vonatkozásban. A felesleges vizeket úgy szándékoztunk hasznosítani, főleg Budapesten, ahol nagy tömegek vannak, hogy az egészség megóvását a legjobban elősegítsük és ne csak szenet takarítsunk meg, hanem a dolgozók munkaerejét is kíméljük.

Első munkánk a Széchenyi I. sz. forrás értékesítése volt. Ez a forrás 520 lit/perc vízhozamú, 73 C° meleg és évtizedek óta a csatornákban folyt el.

Felhasználása már megtörtént ; részben kórházi célokat, részben gyári munkások fürdését szolgálja. Vidéken primőrkertészetek, baromfikeltetés létesítését vettük terv be. Terveinket csak úgy tudjuk végrehajtani, ha előzőleg gondos kutatómunka folyik, mert tisztában kell lennünk a források vízhozamával, hőfokával, s egyéb tulajdonságaival, valamint azok változásával is, hogy úgy használhassuk fel őket, ahogyan a leggazdaságosabb. Ezeket a vizsgálatokat nem elég évente végezni, mert minden évszak és napszak változásaival tisztában kell lennünk ahhoz, hogy terveket készíthessünk. Ez a munka az alapját teremti meg annak, hogy a régen vajúdó kérdést előbbre vigyük és a népgazdaság számára szenet takaríthassunk meg, s óvhassuk a dolgozók egészségét.

HORUSITZKY FERENC

A Balneológiai Osztály munkájának fontos része az a tevékenység, amelyet a források összefüggésével kapcsolatban bemutattak és ezzel alapját fektetik le a forrásvédelemnek, mert eddig a védőterületi tárgyalások csak a levegőben mozogtak.

A források fokozott igénybevétele nemcsak vízhozamváltozást, hanem összetételváltozást is jelent. Ha a görbék elkészülnek, azok segítségével nemcsak a vízhozamváltozást, hanem a fokozódó vízkivétellel kapcsolatos összetételváltozásokat is látni fogjuk. A tényleges változások a víz kémizmusában csak nagyobb időtávlatokban jelentkeznek. Ezek nélkül a kutatások nélkül nem lehet a forrásvédelmi kérdésekhez hozzányúlni.

Véleményem szerint a meteorológiai méréseknek sok jelentősége nem lesz, mert a források vize mélyről jön, ahová a felszínről nem tud nedvesség beszivárogni. Tehát a meteorológiai adatok legfeljebb országos viszonylatban adhatnak támpontot, a vízgyűjtőterületek szempontjából.

A táblázatban még lennének javítanivalók, fel kell tüntetni, hogy nemcsak ezek a lehetséges gyógyforrások. Beszélünk hévizekről és szulfátos vizekről ; a hévizek nem mindig gyógyvizek. Budapest környékén, Kispesten a fúrásnál először hideg vizet találtak, de 400 m-en alul magas hőmérsékletű a víz és nincs akadálya a hévíz feltárásának. Az ilyen forráslehetőségeket kellene elsősorban kikutatni, mert így munkástelepek közelében is lehetne gyógyforrásokat létesíteni. Sósvizek feltárására is van lehetőség Nagybudapest területén. Felhívom a figyelmet a nátriumkloridos forrásokra fürdés szempontjából. Szénsavas vizeket is kell keresni. A Balaton mentén szénsavas forrás-vonalat találunk és nem biztos, hogy ez csak véletlenül lineáris, a mezozoos palarétegeknél szénsavas vizek jönnek felszínre. Ha a Lágymányostól délre elérjük ezt a vonalat, talán ott is találunk ilyen forrásokat, a geofizikusok bevonásával. Még számtalan geológiai lehetőség van, amelyet ki kellene használni.

A hidrológia, különösen a forráskutatás, komplex tudomány. Elő kellene írni, hogy milyen sorrendben, szükségesség szerint tárjuk fel a problémát. A statisztikai munka meg fogja könnyíteni a forráskutató intézet munkáját. Ezek a komplex kérdések sürgetik mindinkább a Hidrológiai Kutató Intézet felállítását, amely ezeket a problémákat össze tudja majd fogni.

G. A. NYEVRAJEV professzor, a moszkvai Balneológiai Kutató Intézet főosztályvezetője

Nagy örömmel hallgattam *Papp* professzor előadását és az azt követő vitát. Annál nagyobb örömet jelent ez számomra, mert amikor ideérkeztem, úgy tájékoztattak, hogy eddig itt jelentős hidrogeológiai munka nem folyt és

nem foglalkoztak a geológiai tényezők kihasználásával. Annál inkább örültem, hogy az itteni viszonyokkal megismerkedve azt tapasztaltam, hogy ez a beállítás egészen túlzott szerénységből származott. Erről még inkább meggyőződtem a mai előadást és vitát hallgatva.

Nagyon helyes az a megállapítás, hogy az eddigi hidrogeológiai munkák és balneologiai munkák hibája az volt, hogy nem tervszerűen, hanem csak találomra végezték. Magyarország is már rátért a tervgazdálkodásra, Papp előadásában a tudományos munka tervszerűségének szükségességét hangsúlyozta és éppen a balneológiai kutatás terén eddig tervszerűtlenül végzett munka példa arra, hogy a tervszerűségre milyen nagy szükség van. A felszólalók, akik mind kifejezést adtak azoknak a kívánságoknak, hogy a munkálatok ne legyenek egyoldalúak, a hidrogeológusok, orvosok és más szakemberek működjenek közre, — átérzik a szervezettség szükségességét és többoldalú megvilágítást kívánnak, s a sokféle probléma összefogására intézet felállítását kérik. Meg kell jegyeznem, hogy ez a munka olyan széles látókört igényel, hogy egy intézet keretében nem oldható meg, de az intézet munkájába bele kell vonni az összes intézetet, amelynek munkaköre ezekkel a problémákkal összefügg.

A tervszerűségnek minél fokozottabb alkalmazása éppen Magyarország sajátosságából folyik, mert a hidrológiai körülmények itt rendkívül kedvezőek, sehol nem látott gazdagságban találhatók a források, ami egyrészt jó, másrészről veszélyes, mert az egyidejű tanulmányozás szétaprózza az erőket, minden forrásról fogunk tudni valamit, de jól áttanulmányozva egyik sem lesz. Éppen ezért különös fontossága van Magyarországon a szervezettségnek.

Kiss professzor és *Schulhof* professzor hangoztatták, hogy az orvosokat is bele kell vonni a munkába. A Szovjetunióban az orvosok tevékeny munkát folytatnak, de nem a források feltárásánál, amibe nem tudnak beleszólni, hanem rámutatnak arra, hogy milyen összetételű vizekre van szükség, vagyis szinte megadják a megrendelést, annál is inkább, mert szocialista országokban nem azért kutatunk forrás után, hogy legyen, hanem azért, hogy felhasználható legyen. Az orvosok szerepe tehát abból áll, hogy megmondják milyen vízre van szükség, milyen bővítéseket kell végezni; gondoskodnak arról, hogy a szakterületeken lévő forrásokat felhasználják.

Mikor *Horusitzky* felhívta a figyelmet arra, hogy Budapesten folyik a forrásvizek kihasználása, de sósvizek és szénsavas fürdők után kutatni kell, alátámasztotta véleményemet, mely szerint eddig Magyarországon inkább csak a thermális vizekre fordítottak gondot. A magyar vizek alkalmasak gyógykezelésre, bőr-, ideg-, gyomor- és egyéb betegségek gyógyítására, de eddig nem használták ki eléggé. — Parádon hidrokarbonátos víz van, amely alkalmas gyomor- és bélbántalmak gyógyítására, ugyanakkor Parád közelében thermális víz is várható. Ennek a lehetőségnek kihasználása nagyon csábító, annál is inkább, mert az emberi szervezet többféle betegségére egy helyen lehetne gyógyulást keresni. Tehát súlyt kellene helyezni arra, hogy ilyen bázisokat építsenek ki, különösen Parádon, ahol arra lehetőség mutatkozik.

A budai radióaktív vizekben meglehetősen magas rádiumtartalom és rádiumsó van. Ennek felhasználása még nem egészen tisztázott, behatóbban kell velük foglalkozni.

Az ásványvizek gáztartalma szintén kivizsgálandó kérdés, nincs kialakult álláspont arra vonatkozólag, hogy mi bennük a hatóanyag. A Szovjetunióban utóbbi időben a nitrogénnek szentelnek figyelmet. Gázképződmény minden

vizben van, de szénsav nincs. A nagyjelentőségű tudományos probléma megoldása az orvosok munkáján lendítene.

Az irodalom alapján úgy látom, hogy a Balaton környékén nemcsak természetes hévforrás és szénsavas forrás van, hanem a déli partokon thermális vizet is lehetne kapni. Itt is, mint Parádon, több intézményt kellene létesíteni, a fürdőhelyek nagyobb jelentőséget kapnának ezáltal.

Távolról sem állítom, hogy amit itt elmondottam, az tökéletesen így is van és elnézést kérek, hogy ilyen sokáig foglalkoztam a kérdésekkel, de háromhónapos ittartózkodásom alatt az irodalommal és gyógytényezőkkel való megismerkedésem után ezek a benyomások alakultak ki bennem és a mai előadás nyomán még inkább megerősödtek. Természetesen az elvtársak ezt a kérdést jobban ismerik és csak azért szólaltam fel, mert aki minden nap foglalkozik a problémákkal, esetleg nem látja olyan elevenen, mint aki egyszerre csöppen bele. Örülnék, ha hozzászólásom alapján segítséget kapnának munkájukhoz.

A thermális vizek gazdasági célokra való felhasználásánál állandóan hangsúlyozták, hogy csak a felesleget hasznosítják ily módon. Tehát úgy tűnt fel, hogy a víznek ily módon való hasznosítását méltatlannak tartják. Természetesen először gyógyításra kell gondolni, de ahol ennyi víz van, hogy akár az ország egész lakosságát el lehetne látni balneotherápiával és mégis maradna más célra víz, nyugodtan fel lehetne használni egyéb célokra is. A Szovjetunióban is hasonlóképpen járnak el. Annál is inkább foglalkozni kell ezzel a kérdéssel, mert a tervgazdálkodással felépülő gazdasági életben nem lehet elhanyagolni olyan tényezőt, aminek segítségével szén takarítható meg.

Az Ukrán Tudományos Akadémia elnöke azt mondotta, hogy bármely területen mozog egy kutatás, ha megfelelően folyik, használható a gyakorlatban. Az előadás alatt felmerült bennem ez a gondolat, mert ha maguk a kutatások teoretikusak is, gyakorlati következtetéseket vonhatunk le belőlük.

A margitszigeti fúrásoknál szerzett tapasztalatok azt mutatják, hogy helytelenül alkalmazott fúrás esetén a vízhozamcsökkenés egészen a forrás kimerüléséhez vezethet. A Szovjetunióban ilyen esetben csaprendszert alkalmaztak és csak a szükséges vízmennyiséget engedik elfolyni, ugyanezt itt is meg lehetne próbálni. Ez a példa is rámutat arra, hogy a technikai részt tudományos alapon kell ellenőrizni. Helyes volt a kérdés feltevése, mert a probléma megérdemli, hogy foglalkozzunk vele. A Szovjetunióban minden forrásnál a technikai felügyelet mellett megfigyelőállomás van, amely állandóan ellenőrzi a vízhozamot, hőmérsékletet, kémiai összetételt. Azoknál a forrásoknál, ahol nagyobb a kiaknázás, erre szükség van.

Marx 100 évvel ezelőtt azt mondotta, hogy a filozófiának eddig az volt a feladata, hogy megmagyarázza a természet jelenségeit úgy, hogy az a természetet át is alakítsa. Magyarország is erre az útra lépett és nincs szebb feladata, mint a természet átalakításában résztvenni. *Micsurin* szerint ne várjuk a természet könyöradományait, hanem magunknak kell elvenni mindent, ami benne rejtőzik.

A szocializmus célja, hogy az emberek számára jobb, biztonságosabb, egészségesebb életkörülményeket teremtsen és nincs a tudós számára felemelőbb feladat, mint az, hogy a szocialista társadalom felépítésében résztvegyen.

A Balneológiai Kutató Intézet továbbfejlesztése jelentős tétele a szocializmus építésének és a jobb jövőért való küzdelemnek. Sok sikert kívánok a magyar tudósoknak ezen a termékeny talajon való továbbmunkálkodáshoz!

HALÁSZ MÁRTA

Úgy találom, nem hallgathatom el azt a körülményt, hogy a gyógyforrás-kutatással kapcsolatban a biológiai rész az, amit nem emeltek ki kellőképpen. Hidrobiológiai előadásról van szó, tehát nem lehet a biológiai kutatásokat figyelmen kívül hagyni. Ugyancsak az Akadémia ötéves tervében szerepelnek ezek a kutatások és az Országos Természettudományi Múzeum kapta a megbízatást, hogy az ötéves terv keretén belül ezeket elvégezze. A kutatások itt Magyarországon két súlypont körül csoportosulnak.

A gyógyforrások és thermálok biológiai csoportosítása, értve alatta olyan csoportosítást, amely a gyógyvizekben élő mikroszervezetek alapján osztja fel azokat. Hogy ennek a biológiai csoportosításnak milyen fontossága van, azt már a Szovjetunióban 1929-ben *Voronykli* kutató felismerte az északkaukázusi forrásoknál, ahol megkísérelt ilyen csoportosítást felállítani. Ez ugyanis elsősorban a gyógyászat és a közegészségügy szempontjából bir nagy fontossággal. Ismeretes tény, hogy a forrásvizeknél nemcsak a kémiai, a geológiai, a hidrológiai, vagy fizikai sajátságok a döntőek, mert ezek alapján gyakran nem is tudunk különbséget tenni az egyes típusok között. Vannak azonban olyan érzékeny élőlények, értve alatta növénytani és zoológiai szempontból ismeretes mikroszervezeteket, amelyek a legérzékenyebb indikátoroknak bizonyulnak. Tehát, ha a népgazdaság értékesíteni akarja a hévizeket, nem lehet figyelmen kívül hagyni a biológiai szempontokat. Ennek alapján meg lehet különböztetni olyan forrástípusokat, amelyek sem kémiai, sem fizikai, sem geológiai, vagy forrásgenetikai alapon nem jellemezhetők és nem választhatók el egymástól. Mint a felszólaló szovjet professzor említette, a nitrogén fontos tényező. Erre vonatkozólag ismerünk a természetben egy olyan apró szervezetet, amely csak a magas hőmérsékletű vizekben él és megállapították, hogy a nitrogénmentes hévizekben juvenilis forrásokban mutatható ki jelenléte, ahol nitrogén még nyomokban sem fordul elő. Ha a kutatások tovább folynak, fontos probléma megoldásához vezetnek : az élőszervezetek megjelenése Földönkön a vizekben. *Barazev* professzor rámutatott erre ittjártakor és komoly érdeklődést mutatott az élő mikroszervezetek keletkezésére vonatkozólag. Ezeket a tényeket nem lehet elhallgatni, mert szorosan hozzákapcsolódnak a gyógyvizekkel és thermálvizekkel végzett kutatásokhoz.

SZABÓ GÉZA

A gyógyvizek és jódakvavizek felhasználásának közegészségügyi szempontból a közeljövőben nagy szerep jut. A Közegészségügyi Intézet az Egészségügyi Minisztériumhoz fordult, hogy golyvás területen, függetlenül a só bevezetésétől, a terhes anyáknak a terhesség és szoptatás alatt pótolják jódakvával a veszteségért. Erről a Nőgyógyászati Kongresszuson beszámoltunk. A nőgyógyászatban már régen ismeretes, hogy az anyák golyvásodnak. Laboratóriumban és kémiailag nem áll módunkban kisérleteket folytatni. *Demenszkij* módszere tette lehetővé, hogy háromhónapos terhességtől kezdve a szoptatás alatt is vér-, vizelet- és tejvizsgálatokat végeztünk. A klinikai megfigyelések azt mutatták, hogy olyan anyáknál, akiknél közvetlenül, vagy később golyva fejlődött ki, valamelyik jódértékben csökkenést tapasztaltunk. A jódhiányt most már pótoljuk és itt a jódakvának nagy szerepe van. Természetesen az az igyekezetünk, hogy csupán a veszteséget pótoljuk. Ez a gyógymód országunkban könnyen keresztülvihető, mert a terhességi tanácsadó hálózat már szépen kiépült.

PAPP FERENC válasza

A hozzászólásokért legőszintébb köszönetemet fejezem ki, elsősorban *Nyevrajev* szovjet professzornak, aki személyes látogatása alkalmával is értékes útbaigazításokat adott. Köszönjük útmutatását, amelyben felhívta a figyelmet arra, hogy orvosok, mérnökök, geológusok és más szakemberek együttes munkával tervszerűen foglalkozzanak ezekkel a kérdésekkel. Ezt meg is tesszük, de még tovább megyünk és kérjük, hogy ebben a munkában a szovjet tapasztalatokkal továbbra is támogassanak bennünket.

Horusitzky Ferenc értékes hozzászólásával kapcsolatban megjegyzem, hogy természetesen munkaközösségünk célja is az volt, hogy elsősorban nagyobb településeknél, vagy gyárnegyedekben fakasszunk forrásokat a dolgozók számára. Ezeknek a helyeknek megállapítását természetesen együtt fogjuk végezni a többi illetékes intézményekkel.

Balogh Jenőtől nagy örömmel hallottuk, hogy már nemcsak tervek és ábrándok foglalkoznak a gyógyvizek ipari hasznosításával, hanem komoly lépések is történtek. Hosszú évtizedek múltak el, míg megérhettük, hogy múltév május 1-én a Fűtéstechnikai Intézet az 1. sz. városligeti artézi kút vizét beköthette. Az osztályt e téren semmi felelősség sem terheli, mert állandóan beadványokkal ostromoltuk az illetékes helyeket és számunkra volt a legnagyobb öröm, mikor az eredményt elértük.

Kövesi István egyik képviselője azoknak, akik a fürdőkben fogadnak és segítenek bennünket ; nélkülük nem tudnánk munkánkat elvégezni, nem lehetne sikert elérni. Örömmel hallottuk, hogy a munka, amit kezdetben nem értettek, most értékes céllá vált szemükben.

Kenyeres Lajos, az Országos Természetvédelmi Tanács főtitkára a forrásokat csakugyan védelmébe veszi és nemcsak a vizet és minőséget, hanem a jövőben a régi forrásjáratokat is, ami örömünkre szolgál.

Bacsó Nándor észrevételeit figyelembe fogjuk venni és nem osztom egészen Horusitzky professzor véleményét, hogy a csapadék nem játszik szerepet ; annak figyelembevételét feltétlenül fontosnak tartom.

Schulhof Ödön megértésének és támogatásának sokat köszönhetünk, az ő irányítása sokban hozzájárult ahhoz, hogy munkaközösségünk új káderekt fejlesztve tovább tudott dolgozni és megfigyeléseinket elvégezhettük.

Kiss Tibor egyike azoknak, akik a munka során ötleteket vetettek fel és javaslatát felhasználjuk most is.

A legnagyobb örömmel hallottuk, hogy a jövőben szorosabban fogunk a biológus és a botanikus szakemberekkel együttműködni, kár volna, ha forrásvizsgálataink közben ezekre a szempontokra nem lennénk figyelemmel. Máris voltak kutatóink, akik gyüjtöttek anyagot a Növényrendszertani Intézet részére. Fiataljainkat tehát ráneveljük arra, hogy több szempontból figyeljék a forrásokat.

Köszönetet mondok első mesterünknek, *Schafarzik Ferenc*nek, aki a forráskutatásra rávezetett bennünket. Köszönetet mondok az Akadémiának, amely lehetővé tette, hogy fiataljaink az öregekkel versenyezve végezhették a munkát, amelynek célja az élet szolgálata.

A VÍZELLÁTÁS MINŐSÉGÉNEK MEGJAVÍTÁSÁRA VONATKOZÓ ÚJABB KÍSÉRLETI ÉS GYAKORLATI EREDMÉNYEK

PAPP SZILÁRD

A természetben előforduló vízféleségek, — mint a talajvizek, a különböző mélységű ásott és fúrt kutak vizei, valamint a felszíni vizek, — számos esetben nem bocsáthatók közvetlenül fogyasztásra. Néha bakteriológiai szempontok, legtöbbször azonban a víz agresszív sajátságai, esetleg káros hatású oldott alkatrészei, — mint pl. vas, mangán, szénsav, lebegő alkatrészek, stb. — teszik szükségessé tisztítását a közfogyasztásra bocsátás előtt.

A frissen szivattyúzott, vagy saját nyomása által felszínre került vastartalmú víz minden zavarosodástól mentes, teljesen kristálytiszta. Amint azonban levegővel érintkezik, a vízben oldott ferrovegyületek azonnal oxidálódnak a következő egyenlet szerint :

$$2Fe(HCO_3)_2 + O + H_2O = 2Fe(OH)_3 + 4CO_2.$$

A ferrohidrogénkarbonát tehát oldhatatlan barna ferrihidroxiddá és széndioxiddá alakul át. A vastartalmú vizek ezért a levegőn előbb kissé opalossá válnak, majd mindjobban megtörnek és tejszerűen megzavarosodva lassan megbarnulnak ; gyakran olajhoz hasonló úszó réteg képződik a felszínükön, mely hosszabb-rövidebb állás után barna, pelyhes csapadékká alakul. Ez a barna ferrihidroxid csapadék néhány óra alatt a víz kitisztulása közben piszkos benyomást keltő barna üledék alakjában az edény fenekére száll és annyira az edény falára tapad, hogy onnét könnyűszerrel mechanikailag sem távolítható el. Már a 0,5 mg/l vastartalom képes ilyen zavarosodást előidézni és amellett a vizet sajátságos fémízűvé tenni. Nagyobb vastartalom (1 mg/l-nél több) esetén már igen kellemetlen ízű a víz. Háztartási célokra való felhasználása még körülményesebb, mivel főzés alkalmával, bizonyos esetekben már csekélyebb vastartalom is (kávé, teafőzés, stb.) zavarokat okozhat, mosáskor pedig a ruhán, fehérneműn barna foltokat idézhet elő.

A vezetett vasas vizek, — különösen azok, melyeknek vastartalma az 1 mg/l-t meghaladja, — már igen nagy nehézségeket okozhatnak technikai szempontból is. Ezekben a vizekben a vasbaktériumok elszaporodva, a vasat már a csővezetékben ferrihidroxid alakjában kiválasztják, mely barna iszapos tömegként a cső keresztmetszetét annyira leszűkítheti, hogy az teljesen eldugul.

Igen sok iparág céljaira a vasas víz teljesen használhatatlan. Így mosodák, fürdők és uszodák, festék-, bőr-, keményítő-, enyv-, papír- és üveggyárak vasas vízzel nem tudnak dolgozni. Az élelmiszeriparban, — tejüzemekben, vaj, sajt,

sör, szikvíz, likőr készítésére, cukor- és műjéggyárakban — a vas igen zavaróan hat és nagy károkat idézhet elő. A vastartalmú vizeket ezért felhasználásuk előtt vastalanítani szükséges.

A vastalanítás tulajdonképpen három műveletből áll. Éspedig :

1. a ferrosók oxidálása,
2. a kivált kolloid ferrihidroxid szűrhetővé alakítása,
3. a szűrés.

Ezek szerint tehát a vastalanító készülékek lényegükben úgy működnek, hogy a többnyire ferrohidrogénkarbonátot, — kloridot vagy szulfátot tartalmazó vizekben a kétvegyértékű vasat a levegő oxigénjével három vegyértékűvé oxidálják, miközben kolloidan oldott ferrivegyületek keletkeznek. Ezek hosszabb idő mulva összeállnak és szűrhető alakban leülepednek. Ezt az összeállott és ülepedő csapadékot a készülékbe helyezett szűrőanyag ezután kiszűri.

Magát a vastalanítást nyitott medencékben és zárt tartályokban végzik. Nyitott készülékekben a vizet bizonyos magasságból lepermetezik, miközben a levegő oxigénje oxidálja a ferrosókat. A keletkezett kolloid ferrivegyületek ezután az úgynevezett reakciós kamrában és medencében állnak össze. Ez aránylag elég hosszú folyamat. Ezután az összeállott ferrihidroxid csapadékot szűrőanyaggal töltött tartályokban a vízből kiszűrik. Zárt készülékben levegő befuvatása által oxidálnak, majd a kivált vashidroxidot szintén szűréssel távolítják el. Szűrőanyagul mind a nyitott, mind a zárt berendezésekben többnyire homokot, kavicsot, kokszot, aktiv szenet, lávasalakot, tégla-, üveg- és porcellántörmeléket, stb.-t szoktak használni. A permetezőtornyok, reakciós medencék, szűrőtartályok és légkompresszorok nagy méretei miatt, az ilyen vastalanító berendezések megépítése igen költséges.

Szükségesnek tartottam ezért az ipari és ivóvizek vastalanításának a megkönnyítése, valamint a régi berendezések hiányainak kiküszöbölése végett, egy kisebb beruházással beszerezhető, gazdaságosabban működő készülék, illetve vastalanító szűrőanyag felkutatását, hogy azok szélesebbkörű elterjedése lehetségessé váljék. Mivel azonban a vastalanítás mindhárom fázisának a lejátszódása egyszerűbb berendezésekben pusztán fizikai úton nem volt várható, ezért olyan szűrőanyagot kutattam fel, mely nem pusztán fizikai, hanem kémiai úton is résztvesz a vastalanítás egyes műveleteiben, ami ezáltal a készülékek teljesítőképességének fokozását is lehetővé tette.

Ismeretes, hogy a ferrivegyületek alkálikus oldatban jól szűrhető alakban teljesen és gyorsan kicsapódnak. Ezért kutatásom arra irányult, hogy olyan vízben nem, vagy csak alig oldható anyagot találjak, mely a víz szénsavtartalmának megkötése által a vizet alkálikusabbá teszi, azaz pH-értékét növeli. Természetesen ennek a pH-érték növekedésnek csak oly mértékűnek szabad lenni, hogy a víz ízét károsan ne befolyásolja. Számos kipróbált, vízben nem,

vagy csak alig oldódó, kellő keménységű, szemcsés alakban előállítható anyag közül, — mely a víz szabad szénsavtartalmát megkötni és ezáltal pH-értékét növelni képes, — a zsugorodásig égetett, bizonyos vasoxidtartalmú magnéziumoxidot találtam igen alkalmasnak, mely már a vízzel nem lép reakcióba, hanem pusztán csak annak szabad szénsavtartalmát köti meg. Tehát nem az alacsony hőmérsékleten égetett és ezért csak pusztán dekarbonizált magnezitről, azaz kausztikus magnéziumoxidról van szó, hanem a zsugorodás hőmérsékletéig való hevítés által reakcióképességétől majdnem teljesen megfosztott, nagy keménységű, kevésbbé porlódó, szemcsés alakúvá zúzható, vasoxidtartalmú magnéziumoxidról. Éppen a csekély reakcióképesség megtartásában van igen fontos szerepe a vastartalomnak. A vasmentes, vagy csak kevés (1—2%) vasoxidot tartalmazó magnéziumkarbonát zsugorodási hőmérséklete oly magas, hogy a zsugorodásig égetett termék teljesen reakcióképtelen. A vastartalom növekedésével azonban a zsugorodás hőmérséklete mindjobban csökken és ezáltal olyan termék keletkezik, mely magával a vízzel alig, de a víz szabad szénsavtartalmával igen könnyen lép reakcióba és azt a következő egyenlet szerint magnéziumhidrokarbonát alakjában megköti:

$$MgO + 2CO_2 + H_2O = Mg(HCO_3)_2.$$

Ezáltal a magnéziumoxid a víz természetes oldott alkotórészévé válik és semmiféle más idegen anyag nem kerül a vízbe. A szabad szénsav megkötése folytán a víz pH-értéke egészen 7,9-ig nőhet. Ez a csekély mértékű pH-értékemelkedés éppen optimális körülményeket hoz létre a vastalanítás szempontjából anélkül, hogy a víz ízét károsan befolyásolná, hiszen ismeretes, hogy a lágy és mészszénsav egyensúlyban levő ivóvizek pH-értéke is megközelíti a 8,0-at.

A kellő vasoxidtartalmú, termikusan kezelt magnéziumoxid, szabad szénsav megkötőképességénél fogva természetesen a vízben fennálló mész-szénsav egyensúlyt megbontja, mivel különösen kezdetben, — amíg a szűrőanyag ú. n bedolgozódása le nem folyt, — nemcsak a szabad szénsav feleslegét, t. i. a mészre agresszív szénsavat, hanem az egyensúly fenntartásához szükséges tartozékos szénsavat is megköti. Ezáltal az egyensúly megbomlása következtében kalciumkarbonát válik ki a vízből, ami a magnéziumoxid szemcsék felületére rakódva, nemcsak az érintkezési felület csökkentéséhez, hanem a szemcsék összetapadásához is vezet. Hogy a szemcséknek ily módon bekövetkező összetapadását meggátoljam, szükségesnek találtam a magnéziumoxidot még közömbös szemcsés anyaggal 1 : 1 arányban elkeverni. Erre a célra tisztára mosott kvarczuzalék bizonyult alkalmasnak. A víz szabad szénsavtartalmának megkötése elsősorban a magnéziumoxidszemcsék közvetlen felületén következik be és ezért a kalciumkarbonát is, — főképpen akkor, ha a víz nincs mozgásban (pl. éjszakai üzemszünetkor) — a magnéziumoxid felületén fog kiválni. A magnéziumoxidszemcséket egymástól elválasztó kvarcszemek ilyenkor az összetapadást megakadályozzák, mivel ezek felületére kalciumkarbonát nem válik le. Szűrőanyagom tehát

kvarczuzalékkal kevert, termikusan kezelt ferrum-magnézium-oxidból áll, melyet rövidség kedvéért a három elem első szótagjából képezett »*fermago*« elnevezéssel fogok ezután jelölni.

A víz szabad szénsavtartalma megkötésének, azaz pH-értéke emelkedésének elsősorban az oxidálás szempontjából van nagy jelentősége, mert ezáltal válik lehetővé a ferrovegyületek egészen csekély levegőmennyiséggel való oxidálása, mivel a ferrosók alkálikusabb oldatban sokkal gyorsabban oxidálódnak, mint semleges, vagy savanyú közegben. Az oxidálásra ilyenkor jóformán az elméletileg számított levegőmennyiség elégséges. A nagyobb pH-érték ezenkívül elősegíti a kolloidan kivált vashidroxid összeállítását is, — mely semleges, vagy szénsavas oldatban szintén igen lassú folyamat — és ezáltal a vas kiválását rendkívül módon meggyorsítja és kiszűrését megkönnyíti. Maga a kellő keménységű és szemcsés *fermago* felhasználható mindjárt a kivált vashidroxid szűrésére is olyképpen, hogy a felsőbb rétegekben keletkezett vashidroxidot az alsó rétegek visszatartják. A kivált vashidroxid a szemcsékre lerakódva, hártyaszerűen bevonja a *fermago* felületét, ami a hártya abszorptív hatásánál fogva a ferrihidroxid szűrését még tökéletesebbé teszi.

A fermago szűrőanyag tehát egymagában végzi, vagyis segíti elő a víz vastalanítását azáltal, hogy megkönnyíti a vas oxidálódását, előidézi a kolloid vashidroxid kiválását és összeállását, a kivált vashidroxidot pedig a vízből kiszűri.

A szűrőanyag befogadására szolgáló, leszerelhető fedővel és búvónyílással ellátott, többnyire vaslemezből készült hengeralakú tartályok, a megkívánt teljesítménytől függően 1—5 m magasak és 0,3—3 m átmérőjűek lehetnek.[1] Az oxidáláshoz szükséges csekély mennyiségű levegőt légszivattyú, injektor, vagy szippantószelep szolgáltatja. A tartály fedőlapjára szerelt légtelenítőn kersztül azután a felesleges levegő eltávozik.

Az ily módon felszerelt készülék úgy működik, hogy a vastalanítandó vizet a *fermago* szűrőanyag tetejére vezetjük, ahonnét lefelé haladva szabad szénsavtartalma részben megkötődik, vastartalma pedig kiválik, majd kiszűrődik. A kivált és a *fermago* szűrőanyag szemcséi közé lerakódó vas mennyisége állandóan szaporodik, úgyhogy a készülékben az áramló víz mindig nagyobb ellenállásra talál. Ezért időnként — bizonyos ideig tartó üzem után — a kivált vasvegyületeket a tartályból ki kell mosni, éspedig egyszerűen ellenáramú öblítéssel.

Ásott vagy fúrt kútjaink vizében azonban nemcsak a vastartalom okozza a víz minőségének a megromlását, hanem szerepet játszik ebben a víz mangántartalma is.

A mangántalanítás a vastalanításhoz hasonlóan, főkép levegőztetésből és szűrésből áll. A mangán azonban sokkal lassabban és nehezebben válik ki, mint a vas, különösen akkor, ha nem hidrogénkarbonát, hanem más só, pl. szulfát alakjában van jelen. A mangántalanítás első szakasza szintén oxidációs folyamat,

melyben a két vegyértékű mangáno-ion négy vegyértékű mangáni-ionná oxidálódik. Az oxidáció azonban sokkal nehezebben játszódik le, mint a vas esetében; annyira, hogy gyengén szénsavas, vagy egészen semleges vizekben a mangano-ion egyáltalában nem oxidálódik. Ezért a mangán eltávolításában az eddigi eljárások nagy szerepet juttatnak az abszorpciónak, mely célra a mangándioxid (barnakő) bizonyult igen alkalmasnak. Szűrőanyagul ezért leginkább mangándioxidot használnak természetes barnakő, vagy igen sokszor ú. n. bedolgozott kvarc alakjában. A bedolgozott kvarc olyan szemcsékből áll, melyeknek felületére mesterségesen mangándioxid van kiválasztva. A vízben oldott mangáno-sók a természetes (barnakő), vagy mesterséges (bedolgozott kvarc) mangándioxid szűrőrétegen két fázisban oxidálódnak. Az első fázis a két vegyértékű mangáno-ionoknak a mangándioxid rétegre való abszorpciójából áll, míg a második fázisban az abszorbeált mangáno-ionok mangándioxiddá oxidálódnak. Az oxidálást részben a vízbe fuvatott, vagy permetezés által elnyeletett levegő, részben pedig a barnakő, vagy a bedolgozott kvarc végzi el, bizonyos mértékben katalitikus folyamat útján, miközben maga dezoxidálódik.

Bizonyos idő mulva tehát a mangándioxid, akár bedolgozott kvarc, akár természetes barnakő alakjában alkalmazzuk, további mangánkiválasztásra nem képes. Ezért a mangándioxidréteg helyreállítása végett a szűrőanyagot káliumpermanganát-oldattal regenerálni kell. A káliumpermanganát meglehetősen drága vegyszer, ezért a mangándioxiddal működő légoxidációs mangántalanítók üzeme költséges.

A mangántalanítás megkönnyítésére a tisztítandó vizeket még alaposan savtalanítani is kell, mert, mint *Olszewski*[2] kísérleteiből ismeretes, a mangán csak 7,5-nél nagyobb pH-értékű vizekből válik ki tökéletesen. Tudjuk az előzőkből, hogy a *fermago* szűrőanyag erős savmegkötő képességénél fogva a víz pH-értékét lágyabb vizekben 7,6—7,9-ig is képes növelni, úgyhogy a víz mangántalanításra alkalmasabbá válik. Ismeretes továbbá *Tillmans*[3] kísérleteiből az is, hogy a mangánt katalitikusan oxidáló mangándioxid réteg abszorptiv hatása a víz pH-értékével arányosan fokozódik, tehát a *fermago* szűrőanyag beiktatása a mangándioxidréteggel működő készülékek szűrési sebességét növelni képes, és így ugyanazon teljesítmény elérésére kisebb tartályok alkalmazhatók. Azonban, mint látni fogjuk, a *fermago*val való szűrés után csak akkor van szükség a mangándioxid réteg beiktatására, ha a víz mangántartalma nagy és ha ez kevés vas mellett fordul elő. *A fermago* hatására felemelt pH-értékű, enyhén alkálikus vizekben ugyanis a mangánsókból igen finom eloszlású kolloid mangánohidroxid $Mn(OH)_2$ válik ki, mely a vízhez adagolt minimális levegővel kolloid manganioxihidroxiddá, illetve kolloid manganomanganioxiddá alakul át a következő reakcióegyenletek szerint:

$$Mn(OH)_2 + O = MnO(OH)_2$$
$$MnO(OH)_2 + Mn(OH)_2 = Mn_2O_3 + 2H_2O$$

A manganomanganioxid (Mn_2O_3) azonban még hosszabb idő mulva sem áll össze pH = 8,0-nál kisebb értéken, úgyhogy nem válik szűrhetővé. Most jön azonban segítségünkre az a természeti adottság, hogy a mangán csak igen ritkán fordul elő vas nélkül; t. i. a mangán legtöbbször a vasnál jóval kisebb mennyiségben, annak kísérőjeként található a különböző vizekben. A vastalanításról elmondottakból tudjuk, hogy a kolloid ferrihidroxid már pH = 7,6 esetén is pillanatok alatt összeáll, azaz szűrhetővé alakul. Az egyidejűen kicsapódó ferrihidroxid részecskék pedig a kolloid eloszlású, csekélyebb mennyiségű manganomanganioxidot is magukkal rántják, azaz kicsapják és ezáltal a derített vizet a *fermagon* való szűrésre alkalmassá teszik. *A fermago tehát ezáltal egy készülékben, egy szűrési művelettel végzi el a víz vas- és mangántalanítását anélkül, hogy kontakt réteg közbeiktatására szükség volna.* A kivételes esetek közé tartoznak az organikus kötésben levő, esetleg védőkolloiddal védett mangánsók, melyek kiválasztására mangándioxidréteg, esetleg a víznek vegyszerekkel való kezelése is szükséges.

Az elmondottakból kiviláglik, hogy a víz minőségét rontó vas- és mangánvegyületek könnyebb eltávolítása végett, a víz előzetes savtalanításra szorul. A savtalanítás többnyire permeteztetés vagy levegőbefuvatás útján való levegőztetésből áll. Lágy vizekből pusztán levegőztetéssel az agresszív szénsav teljesen nem távolítható el, úgyhogy ilyenkor márványyzuzalékkal, azaz kalciumkarbonáttal töltött tartályokon keresztül szűrik a vizet. A kalciumkarbonát a víz mészre agresszív szénsavtartalmát megkötve, kalciumhidrogénkarbonáttá alakul át a következő egyenlet szerint:

$$CaCO_3 + CO_2 + H_2O = Ca(HCO_3)_2.$$

Ez a reakció keményebb vizekben alig játszódik le, míg lágy vizek számára a kis reakciósebesség miatt nagymennyiségű kalciumkarbonátra, tehát nagyméretű tartályokra van szükség, ami a berendezést meglehetősen költségessé teszi.

A *fermago* savmegkötőképessége a magnéziumoxidnak a szabad szénsavval lejátszódó reakciójából folyik, túllúgosodás nem következhetik be, mivel a magnéziumhidroxid oldhatósága vízben igen csekély és ennek keletkezése még a zsugorodás hőfokára való hevítés által is majdnem teljesen ki van küszöbölve.

A fermago szűrőanyag nagy előnye, hogy savtalanító hatását olyképen fejti ki, hogy csak a mészre agresszív szénsavat köti meg, a tartozékos szénsavat azonban nem. Tehát a víz mész-szénsav egyensúlyi állapotban hagyja el a *fermago* szűrőt, ami igen megnyugtató, mivel a hálózatban káros, a csőkeresztmetszet leszűkülését és egyéb zavarokat okozó kalciumkarbonát lerakódásoktól nem kell tartani. A *fermago* ezt a szabályozó képességét azáltal éri el, hogy kezdetben, amíg a szűrő be nem dolgozódott, a szűrőn felülről lefelé mind mélyebbre hatoló vízrészecskék mindig újabb fermago szemcsékkel kerülnek érintkezésbe,

ami által teljes szabad szénsavtartalmukat elvesztik. Ennek következtében a mész-szénsav egyensúly megbomlik és a fermago szemcsékre kalciumkarbonát rakódik le, mely a víz és a fermago szemcse érintkezését megszünteti. Ez a folyamat addig fog tartani, míg a fermago szemcsék szabad felülete annyira lecsökken, hogy már nem képesek — változatlan teljesítmény mellett — a víz összes szabad szénsavtartalmát megkötni és ezért már mészre agresszív szénsav is maradhat a vízben, melynek hatására azonnal megindul a fermago szemcsék felületére kivált kalciumkarbonát oldódása, amely addig fog tartani, amíg a megnövekedett fermago felület a szabad szénsav feleslegét és a tartozékos szénsav egy részét ismét meg nem köti, ami megint kalciumkarbonát kiválást, azaz fermago felületcsökkenést von maga után. Tehát a kalciumkarbonát kiválása, majd feloldása és ezáltal a fermago szemcsék felületének csökkenése, majd növekedése mindaddig fogja egymást követni, amíg a kettő között az egyensúly be nem áll és a szűrő éppen a tartozékos szénsavat tartalmazó, mészszénsav egyensúlyban levő, tehát továbbvezetésre alkalmas vizet szolgáltatja.

Ugyanez a folyamat játszódik le a savtalanítandó víz mennyiségének megváltoztatása esetében is, amikor a növekvő szűrési sebesség mellett kalciumkarbonát oldódik, azaz a fermago felülete nő, csökkenő vízmennyiség, vagyis csökkenő szűrési sebesség hatására pedig kalciumkarbonát válik ki, azaz a fermago felülete csökken mindaddig, amíg a nyugalmi helyzet, azaz az egyensúly be nem áll. Tehát a fermago ingadozó teljesítmény esetében (vízműveknél téli és nyári vízfogyasztás) szabályozó szerepét tölti be, mert a szűrt víz szabad szénsavtartalmát úgy szabályozza, hogy az a tartozékos szénsavnak feleljen meg. Természetesen olyan esetekben, amikor a fermago szűrőanyagot csak agresszív vizek savtalanítására (kazántápláló vizek rozsdaképződésének és vaskorróziójának megszüntetésére, vízvezetéki vascsőhálózatok védelmére, stb.) használjuk és a savtalanítandó víz vas- és mangánmentes és nem zavaros, a szűrőberendezés üzeme még egyszerűbbé válik, mivel az ellenáramú öblítésre, továbbá levegőadagolásra szükség nincs. Tehát a bedolgozás után a savtalanítás minden kezelés nélkül végbemegy és ezáltal a megvédendő vízvezetéki hálózat, mely a vízmű beruházási költségeinek rendszerint több mint 50%-át teszi, mentes marad a korroziótól.

A fermago szűrőanyag gyakorlati jelentősége tehát különösen abban domborodik ki, *hogy* a három folyamatot, *a savtalanítást, a mangántalanítást és a vastalanítást egyetlen készülékben, egy szűrési művelettel végzi el.* Tehát vízművek esetében, ahol a vizet mind a három művelettel kell kezelni, igen előnyösen alkalmazható, mivel a berendezési költségekben rendkívül nagy megtakarítás érhető el.

Bár a szűrőanyag kutatására vonatkozó kísérleteimet a 40-es évek végén befejeztem, nagyüzemi kipróbálásra azonban csak most — a vízműépítkezések és bővítések nagyobb mértékű megindulásának idejében, — az ötéves terv során kerülhetett sor a debreceni vízművek esetében. A debreceni vízművet

23 db kb. 150 m mély fúrt kút táplálja, melyeknek vastartalma az *I. táblázat* szerint 4,6 mg-ot tesz ki literenként. Ugyanakkor a víz mangántartalma 2,53 mg/l. A víz szabad szénsavtartalma is jelentékeny, ami azt jelenti, hogy a víz vascsőre agresszív és oldott vastartalmának túlnyomó része a vas fúrócsövezetből származik.

I. TÁBLÁZAT

A debreceni vizmű vizének vas-, mangán- és szénsavtartalma szűrés előtt és után

	Szűrő előtt	Kavics-szűrő után	Fermago-szűrő után	
	1950. III. 24.	1950. III. 24.	1950. XI. 13.	1951. XII. 1.
Fe mg/l	4,60	1,90	0,10	0,07
Mn mg/l	2,53	2,53	0,20	0,17
CO_2 mg/l	67,1	54,5	44,0	42,1
pH	7,21	7,27	7,38	7,38

A debreceni vízmű naponta kb. 10 000 m^3 víz vas- és mangántalanítását végezte el régi rendszerű kavics-szűrővel és bedolgozott kvarccal. Amint azonban a táblázat adataiból láthatjuk, a vastalanítás mértéke egyáltalában nem volt kielégítő, a mangántalanítás pedig a bedolgozott kvarc regenerálásának hiányában egyáltalában be sem következett. A víz savtalanítása sem volt megfelelő, aminek következtében a víz újabb elvasasodása következett be.

1950. őszén a szűrőtartályokba fermago elnevezésű szűrőanyagomból négy vagon került elhelyezésre. A szűrőanyag elhelyezése után, mint az I. táblázatból látható, a vastartalomnak gyakorlatilag teljes mennyisége kiszűrhetővé vált és a mangánnak is csak megengedhető mennyisége maradt a vízben. A szabad szénsavtartalom — a táblázat adatai szerint — az eredeti nyers víz 67,1 mg/l-jéről pedig 44,0 mg/l-re csökkent le. Ha kiszámítjuk a víz kalciumhoz kötött szénsavtartalmából Tillmans és Heckmann képlete szerint a tartozékos szénsavat, azt 43,4 mg/l-nek fogjuk találni. Tehát látjuk, hogy a megmaradt szabad szénsav éppen a tartozékos szénsavnak felel meg, azaz a víz mész-szénsav egyensúlyban hagyja el a szűrőberendezést, agresszív szénsavat már nem tartalmaz, és így a vízvezetékhálózat a víz agresszív hatásával szemben megvédettnek tekinthető.

Hogy a víz minőségét rontó vastartalom ellen az ipari és ivóvízellátás esetében kellőképen védekezhessünk, szükséges volt foglalkoznunk a vastartalom fellépésének az okával is. Azt találtuk, hogy az kétféle eredetre vezethető vissza. Első esetben már benne van a víztartó rétegben oldott vas formájában, illetve a víztartó rétegből, — oldott oxigén hiányában a víz szabad szénsavtartalmának a hatására, — oldódik ki. Ebben az esetben a víz vastartalmának megszüntetése — az előzőkben elmondottak szerint — vastalanítással történhetik. A második esetben azonban a vastartalom jelenléte, főleg fúrt kutak esetében, a vas fúrócsövezetre vezethető vissza, amikoris abból a víz szabad szénsavtartalma

vasat old ki. Ennek a vasoldásnak következményei kétirányúak, egyrészt a víz elvasasodását okozzák, másrészt pedig a fúrócső korroziója miatt a cső kilyukadásához és ezáltal a kút tönkremeneteléhez vezetnek. Nagyszámú (több mint ezer) helyszíni agresszivitási vízvizsgálattal megállapítottuk, hogy hazánk fúrt kútjai túlnyomó részének vastartalma vascső eredetű és ezért a vastartalom elleni védekezésnek már tulajdonképpen ott kellene kezdődnie, ahol a víz elvasasodása történik. Ez vezetett arra, hogy olyan esetekben, amikor a természetes védőréteg kialakulásának nincs meg a lehetősége, a mesterséges védőréteg kialakításával kezdjünk foglalkozni.

Ennek során megállapítottuk, hogy vasra gyakorolt agresszív hatás szempontjából a szabad szénsavtartalmú vizek két, erősen különböző csoportra oszthatók aszerint, hogy oldott oxigént tartalmaznak-e vagy sem. Midőn a szénsavas víz oldott oxigént nem, vagy csak nagyon csekély mértékben tartalmaz, a legtöbb esetben bőségesen oldja a vascsövek anyagát ferrovegyületek alakjában és elvasasodva kellemetlen csőízűvé válik, levegőn állva pedig barnásan megzavarosodik a levegő oxidáló hatására képződő ferrihidroxid kiválástól. Az oldóhatás következtében pedig a csőanyag erős korróziónak van kitéve.

Az oxigénmentes vizek tehát mindig gyakorolnak a vasra oldóhatást; csakhogy néha rendkívül lassan, gyakran viszont igen gyorsan hatnak. A víz elvasasodása szempontjából ezért az oldás sebessége a döntő tényező, melynek lefolyása tulajdonképpen a következőképpen fogható fel:

1. $2H^+ = 2H + ^{++}$
2. $2H = H_2$
3. $Fe + ^{++} = Fe^{++}$

A 2. és 3. részletreakciók minden valószínűség szerint végtelen gyorsasággal folynak le, míg az 1. reakció, — a hidrogén-ionok töltésének a leadása — lassúbb. Ez esetben ezen utóbbi folyamat határozza meg a vasoldás sebességét.

Haasé[4] felfogása szerint nemcsak pusztán a vas oldási sebességéről van szó, mivel az 1. reakció eredményeképpen képződő atomos hidrogén a vasfelületen bebizonyíthatóan vékony hártyát alkot és — a vas oldási potenciáját csökkentve — nyugalmi állapot következik be, mert a gázhártya a hidrogénionok érintkezését a vas felületével akadályozza. Ennek elérése után a vas nem oldódik. Állandó oldódás csak akkor következik be, amikor a hidrogénionkoncentráció elég nagy ahhoz, hogy az atomos hidrogénhártya nyomása az egy atmoszférát elérje. Ekkor indulhat meg a második egyenlet értelmében a polarizáló hidrogénhártya átalakulása hidrogénmolekulákká és felszabadulása buborékok alakjában. Ettől kezdve azután a vasoldás sebességének mértékét valóban az 1. reakció sebessége befolyásolja, mégpedig a hidrogénionkoncentrációval egyenes arányban. Eszerint tehát bizonyos hidrogénionkoncentráción alul oldódás egyáltalában nem következik be és csak ettől a határtól kezdve függ a

hidrogénionkoncentrációtól. Nagyszámú (több száz) aggresszivitási vizsgálatom szerint ezt a határt a 7,7 pH értékének megfelelő hidrogénionkoncentráció képezi.

A szénsavas vizek második csoportjába tartoznak *az oxigéntartalmúak*, amelyek ugyancsak megtámadhatják a vascsővezetéket, csakhogy ilyenkor nem egyszerű vasoldódás lép fel ferrosók alakjában, hanem rozsdaképződés. Haasé felfogása szerint a vas eleinte ebben az esetben is úgy megy oldatba, mint oxigén jelenléte nélkül, vagyis:

$$Fe + 2H^+ = Fe^{++} + 2H.$$

Azonban a keletkező atomos hidrogénhártya a vízben oldott oxigénnel könnyen és gyorsan reagál:

$$2H + O = H_2O.$$

Ez a reakcióhatás abban áll, hogy a vasoldódást akadályozó polarizáló atomos hidrogén által képzett hártyát depolarizálja és így egészen gyenge hidrogénionkoncentráció mellett is lehetővé teszi, hogy a rozsdaképződési folyamat végbemenjen.

Ez a folyamat az, mely az oxigén fontos szerepét feltünteti és megmagyarázza, hogy jelenléte esetén teljesen más irányt vesz a vasvegyületek oldása. Ezért az olyan víz, mely csak tartozékos szénsavat tartalmaz, de mészre agresszívet nem, legfeljebb csak rövid ideig okoz rozsdaképződést és az hamarosan megszűnik, mivel az ilyen vízből a vas oldása folyamán a vascső belső falára az oldott oxigén hatására vasoxidból, illetve hidroxidból és kalciumkarbonátból álló védőréteg rakódik le, mely megvédi a csövet a víz további behatásától.

A rozsdaréteg, azaz az oxidréteg keletkezése tehát az előfeltétele annak, hogy kalciumkarbonát, azaz védőréteg képződjék a cső falazatán. A rozsdaréteg képződéséhez pedig oldott oxigénre van szükség, hogy a rozsdásodási folyamat meginduljon. Ezért a mesterséges védőréteg kialakításához a természetes védőréteg képződésében szerepet játszó tényezőre, az oldott oxigén jelenlétére mesterséges úton kell törekedni, mivel teljesen hasonló folyamat előidézéséről van szó. *Jendrassik*[5] nevéhez fűződik az a gondolat és eljárás, aminek segítségével oxigén adagolásával lehetségessé tette a természetéshez hasonlóan a mesterséges védőréteg előállítását olyan vizekben, melyek oldott oxigént nem tartalmaznak és amelyek ezért védőréteg kialakítására nem alkalmasak.

Az oxigén adagolását oxidáló vegyszerekkel, kalciumoxikloriddal végezte el. Hogy a védőréteg kialakításához szükséges vashidroxidból álló rozsdaréteg képződése is meginduljon, kalciumhidroxidot is adagolt a furat vizébe.

Eljárása szerint azonban a védőréteg kialakítása a kutak csövezetének belső falazatán, — egyes kivételes védőrétegképződésre hajlamos keményebb

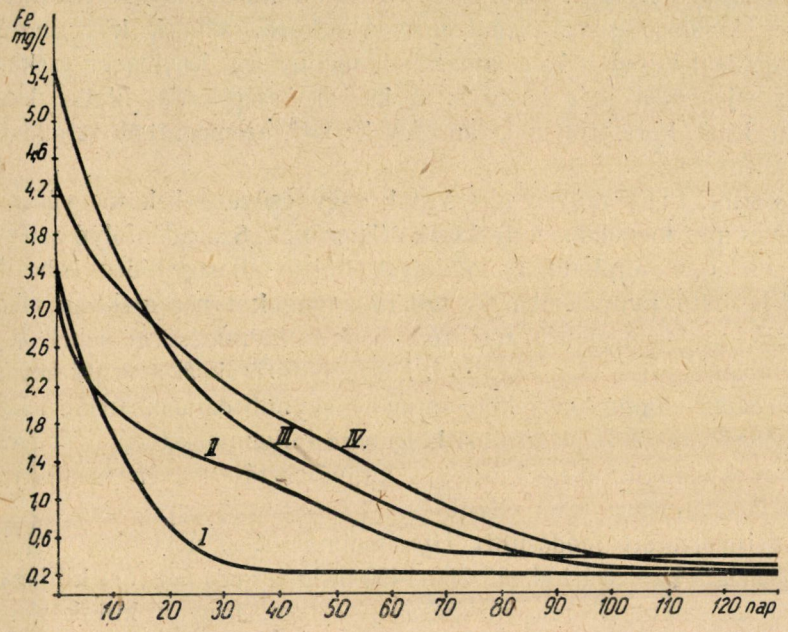
vizek esetétől eltekintve — csak hosszabb idő mulva következett be, ami gyakorlatilag sok esetben nem is volt kivárható, illetve kivitelezhető. A túlnyomórészt kalciumkarbonátból álló védőréteg gyorsabb kialakítását ezért olyképpen találtam lehetségesnek elvégezni, hogy a vízben a kalciumionkoncentráció mellett a karbonátionkoncentrációt is mesterségesen növeltem. Ezért tehát oxidáló lúgoshatású vegyszereken kívül karbonátot tartalmazó vegyi anyagok adagolását is szükségesnek tartottam, amely célra gyakorlati szempontból elsősorban a nátriumkarbonát felelt meg. Ezáltal elérhetővé vált, hogy a vízben oldott kalcium- és karbonátionok koncentrációja tetszőleges mértékben szabályozható és ezeknek fokozásával a kalciumkarbonát, tehát a mesterséges védőréteg kiválasztása a vízből meggyorsítható, aminek következtében az oxidálószerként használt kalciumoxiklorid mennyisége lényegesen csökkenthető.

Az eljárást a már használatra készen összeszerelt, illetve lecsövezett furatban lehet keresztülvinni, ami gyakorlati szempontból rendkívül nagy előnyt jelent.

Aszerint, hogy milyen fúrt kutak vagy csővezetékek megvédéséről van szó, más és más megoldás mutatkozik célszerűnek. Szabadonfolyó artézi kutaknál a vízoszlop, a csőrakat felcsövezésével, lefojtással, vagy hidegvíz beszivattyúzásával hozható nyugalomba. A szilárd anyagokat por alakban alkalmazva gravitáció, vagy megfelelő fúrószerszámok alkalmazásával lehet a fúrások csőrakatában egyenletesen elosztani. Mélyebb fúrásoknál a vegyi anyagok egy részét nehezen oldódó keverékből formált nagyobb darabok útján lehet a csőrakat mélyebb részeibe juttatni. A különböző folyamatok tehát bizonyos egyéni megoldást kívánnak, melyek sikeres megválasztása esetén azonban minden esetben jó eredményt lehet elérni.

Az ismertetett módosított eljárásommal 1950. november elejétől 1951. június elejéig a kaposvári vízmű 260—490 m-ig terjedő hét fúrt kútjának vegykezelését végeztem el, miután megállapítottam, hogy a kutaknak 2,4—5,5 mg-ig terjedő vastartalma túlnyomórészt a vas fúrócsövezetből származik, mert a víz, szabad szénsavtartalmánál fogva, a vascsövezetre erősen agresszív. A víz agresszív vasoldó hatására volt visszavezethető a toponári vízműtelepen a 270 m mély II. sz. kútnak a kilyukadása is. A kút a 40-es évek elején készült és csövezete kb. 7—8 esztendei üzemeltetés után a víz agresszív hatása következtében kilyukadt, úgyhogy ezért kisebb átmérőjű csővel való részbeni bélelésre szorult, ami természetesen vízhozamcsökkenéshez vezetett. A védőréteggel való bevonást tehát a vastartalom csökkenésén kívül, a kutak élettartamának megnövelése is szükségessé tette. A kutak mind felszökő vizet szolgáltattak és ezért a víz nyugalmi állapotba való hozatalát a csőrakatnak kb. 5 m magasra való felcsövezésével értem el. Az egyes kutak vizének emelkedőképessége 3 és 5 m között mozgott. A vegykezeléshez szükséges anyagokat, mint a kalciumoxiklóridot, a kalciumoxidot és a nátriumkarbonátot ökölnagyságú golyókká formálva, a felmagasított csőrakaton keresztül adagoltam be, amikoris a golyókká

formált vegyi anyagok a kút vizében lefelé szálltak és amire a kút fenekére értek, túlnyomórészt szétestek és feloldódtak. Egy-egy vegykezeléshez kutanként, — azok mélységétől és csőátmérőjétől függően, — fél mázsától egy mázsáig terjedő vegyi anyagot juttattam a vízbe. Utána a kutat 24 óráig nyugalomban hagytam állni, miközben a vegyi folyamat, tehát a kalciumkarbonátképződés megindult. 24 óra mulva a talaj szintjében elhelyezett tolózáron keresztül a furatban levő vizet kibocsátottam és megvártam, míg a víz a csövezetben többször kicserélődött. Ezt az eljárást, illetve a vegyszereknek féltől egy mázsáig



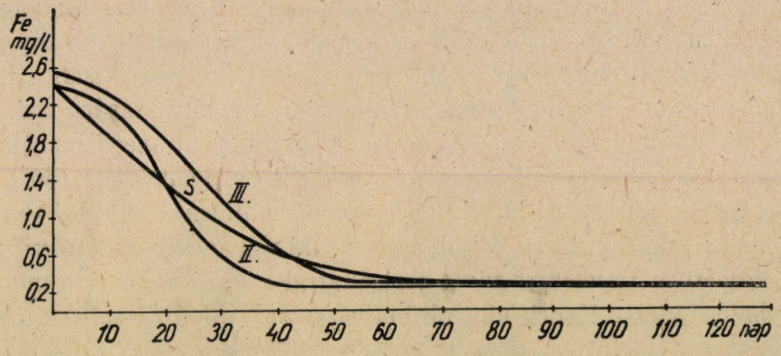
1. ábra. A vastartalom változása a toponári vízmütelep kútjaiban a vegykezelés alatt

terjedő adagolását — az egyes kutak szerint — még 5—15 alkalommal megismételtem és minden harmadik vegykezelés után egy heti szabad folyatást állítottam be. Minden vegykezelés után meghatároztam a kutak vizének vastartalmát és annak változását az *1. ábrán* tüntettem fel.

A kaposvári vezetett vizet négy és három fúrt kutat üzemeltetve, két vízmütelep szolgáltatja. Az 1. ábrából láthatjuk, hogy a toponári vízmütelep négy kútjának vastartalma a vegykezelés előtt 3,7-től 5,4 mg-ig terjedt. Ezekben a vastartalom 90—100 nap alatt 0,4 mg/l alá csökkent. Mivel az egyes vegykezelések után további csökkenés már elérhető nem volt, a még vízben maradt minimális vastartalom magából a vízadórétegből, nem pedig a fúrócsövezetből származik. A négy kútban a vastartalmat 1951. november 2-án megvizsgálva 0,22, 0,40,

0,22 és 0,28 mg/l-nek találtam. Tehát a vegykezelés befejezésétől számított kb. egy félév mulva a kutak vizeinek vastartalma nem emelkedett, jeléül annak, hogy a védőréteg feloldódása sem következett be.

A cseri vízműtelepen levő két kút vizének eredeti vastartalma a *2. ábra* szerint 2,40 és 2,58 mg/l, míg a harmadik S-el jelzett kúté, mely tulajdonképpen a strand kútja és csak a vízmű használja, 2,3 mg/l volt. A 2. ábra adatai szerint a vegykezeléstől számított 60—70 nap mulva a kutak vizének vastartalma 0,28, 0,35 és 0,28 mg/l-re csökkent. Ez azonban nem azt jelenti, hogy a vastartalom további csökkenése már nem volna várható, mert — ha a vegyi anyagok adagolásával a cső felületén már megfelelő rozsdaréteg kialakult és a kal-



2. ábra. A vastartalom változása a cseri vízműtelep kútjaiban a vegykezelés alatt

ciumkarbonát lerakódása a rozsda közé már megindult — a további védőréteg-képződés — az eredeti összetételű víz hatására — jól tapadó kristályos formában tovább fog folytatódni.

Általában a vegyi anyagok hatására képződő, rozsdából és kalciumkarbonátból álló réteg eleinte kissé laza, de a furatból feltörő víz hatására kristályossá alakul át és ilyenkor szilárd egyenletes kérget alkot, melynek még csekély mészre agresszív széndioxidtartalom mellett is kellő ellenállóképessége van.

A vázolt vegykezelési eljárással sikerült tehát átlag három hónap alatt kb. 6 tonna vegyi anyag felhasználásával, az egyenként több mint 200 000 Ft értékű kutat az időelőtti tönkremeneteltől — kutanként mintegy 8—10 000 Ft-os költséggel — megmenteni és ezáltal Kaposvár ivóvízellátását nemcsak hosszú időn keresztül biztosítani, hanem a víz minőségét rontó és a háztartásokban állandó kellemetlenségeket okozó vastartalomtól is majdnem teljes mértékben megszabadítani anélkül, hogy a kutak eredeti vízhozamának a legkisebb mértékű csökkenése is bekövetkezett volna. Facsővel való bélelés esetében a keresztmetszet leszűkülése következtében a vízhozam csökkenése elkerülhetetlenné

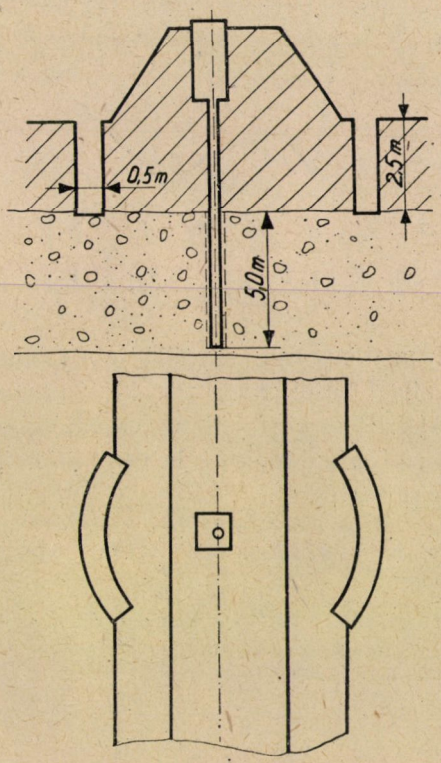
vált volna és amellett a bélelés költségei kutanként 80—100 000 Ft-t tettek volna ki.

Mivel hazánk fúrt kútjainak túlnyomó része vasra agresszív vizet szolgáltat és ezért élettartamuk a csőkilyukadás következtében erősen korlátolt, módosított eljárásomnak, mellyel a mesterséges védőréteg aránylag rövid idő alatt a csövek belső falazatán kiképezhető, nagy gyakorlati jelentősége van. Eljárásommal, mint láttuk, a fúrt kutak vizének vastartalma lényegesen csökkenthető, élettartama pedig megsokszorozható.

Az eddig vázoltak szerint a víztartórétegből származó vasat vastalanító berendezéssel, míg a kutak vascsövezetéből eredő vastartalmat mesterséges védőréteg kialakításával igyekeztem a vízben megszüntetni. Ha a rétegeredetű vastartalom okát kutatom, arra a megállapításra kell jutnom, hogy a víztartórétegekben, kőzetekben, kavicsban és homokban előforduló ásványi eredetű vasvegyületek azok, amelyek a vízben oldva, a víz elvasasodásához vezetnek. Ezen oldódás azonban a víz szabad szénsavtartalmának hatására csak az ásott aknás kutak erősebb igénybevétele, illetve a víz nagyobb megszivatása, vagyis nagy depresszió előidézése alkalmával következik be. Számos esetben tapasztalható, hogy főleg partmenti kutakban — mint amilyenek az ózdi vízmű sajóparti, a váci vízmű dunaparti, a volt Ister vízmű ugyancsak dunaparti kútjai —, melyek kezdetben vasmentes vizet szolgáltattak, egy bizonos idő mulva a víz vastartalmúvá válik. Ennek oka elsősorban azzal állhat összefüggésben, hogy hosszabb ideig tartó, különösen erős szivatás után a víztartórétegekben előforduló iszaprészecskék mind nagyobb mértékben a kút felé vándorolnak és egy idő mulva a kút eliszaposodásához vezetnek. Az iszaprétegekben előforduló organikus anyagok hatására azután az ásott aknás kutak vizének oldott oxigéntartalma mind kisebbé válik és bizonyos esetekben, — mint pl. a legújabb vizsgálatok szerint a Dunai Vasmű parti kútjaiban, — teljesen el is tűnik. Ennek következtében — t. i. a vízben oldott oxigén hiánya miatt — megszűnnek az oxidációs folyamatok és az organikus iszap hatására redukciós folyamatok indulnak meg. Ezen redukciós folyamatok közben — amikor a kőzetek, valamint a homok- és kavicsszemcsék három vegyértékű vasvegyületeinek két értékű ferrovegyületekké való redukciója bekövetkezik — egyúttal a ferrovegyületek oldódása is megindul. Gyakorlati megfigyeléseim szerint tehát ásott aknás kutak vizeinek elvasasodása csak akkor következik be, amikor az eliszaposodás következtében a redukciós folyamatok a vízben megindultak. Ezen alapult az az elgondolásom, hogy ha sikerül a víztartó réteget, illetve a rétegben levő vizet oxidált állapotban tartani, a vas oldódása a rétegből megakadályozható lesz.

Ezt az elgondolásomat egy, még egyelőre kísérletnek szánt gyakorlati próbával kívántam alátámasztani és erre a célra az 1951-ben üzembehelyezett Dunai Vasmű I. sz. kb. 10 m mély kútját tartottam alkalmasnak, mely kút özvetlenül a Duna partján épült, s melynek vastartalma 1,0 mg/l között

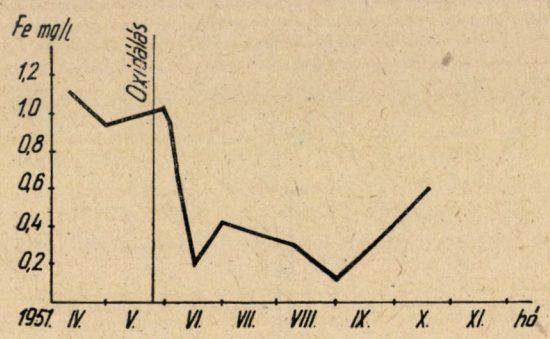
mozgott. A vízadórétegnek, illetve a talajnak oxidált állapotban való tartására a klórmeszet találtam igen alkalmasnak, amelyből két mázsát a kút körül kb. 10 m átmérőjű két félkörben ásott 50 cm széles és kb. 2,5 m mély árokban egyenletesen elosztva elásattam és kb. 200 liter vizet töltöttem utána (*3. ábra*). Ezután az árok betemetése után két héten keresztül naponta újabb 200 liter vizet szivárogtattam egyenletesen elosztva az árokba, a kutat pedig állandóan 400 l/min teljesítménnyel szivattam, hogy a klórmészből a nedves föld hatására



3. ábra. A Dunai Vasmű I. sz. kútja

állandóan lassú mértékben felszabaduló klór a víztartó rétegbe kerüljön és azt oxidált állapotban tartsa. A kút azóta üzemben van és vastartalmát állandóan ellenőrzöm. A kút vastartalmának ingadozását, illetve csökkenését a *4. ábrán* tüntettem fel. Az ábrából látható, hogy a kút vizének 1951. május második felében klórmésszel történt oxidálása óta, a vastartalom átlag 1 mg-ról kb. 6 hét alatt 0,2 mg-ra csökkent, majd újabb 8 hét alatt 0,4 mg/l-ig történő emelkedés közben 0,1 mg/l-re csökkent. Szeptember elejétől kezdve a kút vizében a vastartalom újból emelkedik, minden valószínűség szerint azért, mert a klórmész oxidáló hatása az elásást követő 3—3, 5 hónap alatt kimerülhetett. Minden-

esetre az elvégzett kísérlet azt mutatja, hogy a talajnak és a víztartó rétegnek oxidált állapotban való tartása a vasoldódás csökkenéséhez, illetve majdnem teljes megszűnéséhez vezet. Ezen az úton eldönthetővé válik, hogy újabb klórmészmennyiség elásásával esetleg szélesebb környezetben, jobb elosztásban,



4. ábra. A vastartalom ingadozása a talaj oxidalása előtt és után

melynek megtétele folyamatban van, sikerülhet-e a talajnak oxidált állapotban való tartásával ásott aknás kutakban a víz oldott vastartalmának a megszüntetése. Az elvégzett kísérlet szerint feltevésem valószínűnek látszik és nincs kizárva, hogy ily módon sikerülni fog több helyen a költséges vastalanító berendezés felállítását és üzemeltetését mellőzni.

[1] *Papp Sz.:* Sav-, mangán- és vastalanításra szolgáló szűrőanyag. Magyar Mérnök- és Építész Egylet Közlönye, 1944. 22. szám.

[2] *Olszewski W.:* Handbuch der Lebensmittelchemie. Julius Springer, Berlin, 1939. VIII. kötet, 1. rész, 120. oldal.

[3] *Tillmans I.:* Handbuch der Lebensmittelchemie. Julius Springer, Berlin, 1939. VIII. kötet, 1. rész, 140. oldal.

[4] *Haasé L. W.:* Vom Wasser; 1935. X., 186. oldal.

[5] *Jendrassik A.:* Mesterséges védőréteg kialakítása fúrt kutak belső csővezetén. Magyar Mérnök- és Építész Egylet Közlönye. 1939. 43—44. szám.

HOZZÁSZÓLÁSOK

PAPP SZILÁRD előadásához

SARLÓ KÁROLY:

Papp Szilárd előbb elhangzott előadásából világosan kitűnik többek között az is, hogy a fémek korróziójából a nemzeti vagyonra nagy kár háramlik. Hogy ez pénzben kifejezve mit jelent — főleg az iparosodás útjára lépett országokban, — arról csak a megdöbbenés hangján lehet beszélni. Nincsenek adataim, hogy az ilyen természetű veszteségek mekkora összegre rúgnak, pl. a mi viszonylatunkban. Egy külföldi adat azonban megragadta a figyelmemet: tegnap hallottam, hogy a korróziós veszteség évi összege az Egyesült Államokban kereken kétezer millió dollárra tehető.

Nyilvánvaló, hogy az ilyen veszteségeknek lehető csökkentése és a korrozióval járó egyéb üzemi kiesések, egészségügyi és háztartási kellemetlenségek megelőzése számunkra is parancsolólag előírja, hogy ezzel a nehéz kérdéssel minél behatóbban foglalkozzunk. Kutassuk fel a védekezés minden lehetőségét, azt minél szélesebb körben alkalmazzuk, mert az ilyen munkálatokba befektetett pénz — legjobb meggyőződésem szerint — viszonylag hamar és bőségesen megtérül.

Éppen ezért — ezekre a bennünket gyakorlatilag nagyon is közelről érdeklő szempontokra való különös tekintettel — őszinte elismeréssel adózom Papp Szilárdnak, a vascsővédelem vegykezelésének meggyorsításáért. A vizek vas- és mangántalanításának kérdéséhez nem kívánok hozzászólni, mert ezt a tárgyat az előadó teljes egészében kimerítette.

Legyen szabad azonban a csővezetékek védelmével kapcsolatban néhány észrevételt tennem, annál is inkább, mert ezen a téren, mint közös munkaterületen, több ízben együtt dolgoztam Papp Szilárddal.

Talán egy évvel ezelőtt került hozzám ellenőrző vasmeghatározás céljából a komlói, pontosabban a budafai 5. sz. fúrás vize. Az eredetileg literenként 8 mg oldott vasat tartalmazó vízben ekkor már csak — a vegykezelés utáni harmadik hónap végén — 0,8 mg-ot találtam. Idők multával a vas mennyisége tovább is csökkent és mostanában már csak 0,3 mg volt a víz literenkénti vastartalma. Ugyanilyen kedvező eredménnyel végződött — a kereken háromhónapos vegykezelés után — Kaposváron a toponári és a cseri vízműtelep csővezetékeinek vasvédelme is, jeléül annak, hogy ez a gyorsított eljárás jól megállja helyét.

Nézzünk most egy példát, ahol az előzetes vegykezelés részben a tapasztalatszerzés nehézsége, de főképpen az adott kényszerhelyzet miatt, nem volt keresztülvihető, jóllehet a kiküldött szakbizottság foglalkozott ezzel a gondolattal.

Ez év tavaszán t. i. a Podmaniczky-utcai MÁV- és a Szabolcs-utcai Állami Kórházba, illetve annak már meglevő csőhálózatába, a Fővárosi Fűtéstechnikai Gazdasági Iroda — kizárólag a betegek gyógyhatású termálvízzel való ellátása céljából — a Városliget I. sz. mélyfúrásának 74 C°-os vizét kapcsolta be. A csőhálózat különböző pontjairól azonos körülmények közt vett vízminták oldott vastartalma kezdetben igen nagy volt. Akadt minta 38 mg/liternyi vassal is. Az állandó ellenőrzés — kisebb-nagyobb ingadozásoktól eltekintve — az egyes mintákban és az egész vonalon, hol lassúbb, hol gyorsabb ütemben mutatkozó

vascsökkenést mutatott ki. Ámde az eltelt nyolc hónap után még mindig vannak egyes pontok, ahol a vastartalom literenkénti mennyisége 2—3 mg körül van. A betegek érdekében a vízszolgáltatás folyamatosságát megszakítani nem lehetett, így tehát meg kell elégednünk ezekkel az eredményekkel is, amelyek a jövőben bizonyára tovább fognak javulni és talán egy éven belül már kifogástalan, kénes hévíz fog a sok gyógyulást kereső dolgozó rendelkezésére állani.

A Fővárosi Fűtéstechnikai Gazdasági Iroda tervbe vette — és ez egy másik, a jövőre vonatkozó példa, — a margitszigeti Magda-forrás, napközben mintegy 60 m^3/óra használatlanul elfolyó 69 C°-ú víznek az Újlipótvárosban háztartási, t. i. kifejezetten tisztálkodási célokra szolgáló igénybevételét. A szükséges munkálatokat négy szakaszban hajtanák végre és a 4. szakaszban — az időközben szerzett tapasztalatok birtokában — a városligeti II. sz. mélyfúrás vizének egy részét is bekapcsolnák a távvezetékbe. Mintegy 620 lakóház, 10 000 lakás és közel 40 000 személy vízigényének a kielégítéséről van tehát szó ebben a nagyszabású tervben.

A csővezeték vegykezeléssel járó vasvédelmét itt már bizonyára alkalmazni fogják és én erősen hiszem, hogy ez elé a nagy művelet elé, éppen az itt elhangzott előadás tanulságai alapján, bizakodó reménységgel tekinthetünk.

MAZALÁN PÁL

Az előadó által ismertetett kutatómunkák eredményei elméleti értékük mellett, nagy gyakorlati jelentőséggel is bírnak. Mélyfúrástechnikai vonalon a vasra agresszív szénsav romboló hatása ellen védelmet nyujtó vegykezelés jelentősége abban csúcsosodik ki, hogy elkerülhetővé teszi a fúrt kút szelvényének lényeges csökkentésével járó saválló bélelés alkalmazását, valamint az ezzel járó tetemes vízhozam-csökkenést. Ez a vízhozam-csökkenés a szokásos vörösfenyőbélelés használata esetén, az eredeti bélésnélküli állapothoz képest, az 50%-ot is eléri az ellenállásra érzékeny kutaknál. A kút-vegykezelés gazdasági vonatkozásainak helyes megítélése szempontjából figyelembe kell venni az említett vízhozam-csökkenés elkerülése mellett a következőket:

A kút élettartama vegykezelés esetén többszöröse a vegykezelés nélküli kutaknak. E kutak a vasra agresszív szénsav hatására a béléscsövezet kilyukadása folytán idő előtt tönkremennek.

A kutaknak saválló anyagokkal való szerkezeti bélelése tetemes költséggel jár.

A kút béléscsövezetének a kilyukadásig való megrongálása a termelt víz egy részének, vagy a teljes mennyiségének elvesztését vonhatja maga után; nem kívánatos víz hozzákeveredésével jár, vagy a termelt víznek szennyeződését és fertőzését okozhatja.

A vasra agresszív hatásokra kilyukadt béléscsövű kutakat jóvátehetetlen vízgazdálkodási károsodások elkerülése érdekében be kell tömni. A vegykezelés kivitelezése tehát gazdaságilag felér az elromlott kút szakszerű betömésének és egy új kút fúrásának együttes költségeivel.

A kutak vegykezelésével szemben azt az ellenvetést szokták felhozni, hogy az csak a cső belső felületét éri és így e cső külső palástfelülete változatlanul ki van téve az agresszív víz romboló hatásának. Ez az ellenvetés csak hibásan kivitelezett kutaknál lehet jogosult. A helyesen kivitelezett kútnál ugyanis a termelőcső mögötti térben vízmozgás nincs. Feltétlenül kívánatos tehát, hogy

a vegykezelés kivitelezése előtt erről kétséget kizáróan meggyőződést szerezzünk. Nem nehéz feladat ez akkor, ha a kút létesítésének minden részlete ismert, de annál körülményesebb a legtöbb esetben, amikor a kivitelezésre vonatkozó részletek hiányoznak. Teljesen kész, tehát kicsövezett kutaknál a cső mögötti vízmozgásra csak a gondos hőmérsékletmérés nyujthat felvilágosítást. Ha ugyanis a kutat hőmérsékleti egyensúlyából kimozdítjuk, a vízadó szelvények hőhatása rövid idővel a kút lehűtése után érvényesül és a folyamatosan felvett hőmérsékleti görbe kialakul. Amennyiben a cső mögött vízmozgás nincs és így a hőközlés csak egyszerű áramlás útján történik, a vízfakadás szintjében határozott kiugrás mutatkozik, amely a helyi viszonyoknak megfelelő geothermikus gradiens útján kiadódó értéket közelíti meg. Ha azonban a cső mögött vízmozgás van, úgy a nagyobb hőfokú víz hőhatása a béléscsövezet magasabb szelvényeire is kihat a hőegyensúly megbontását követően. Ez esetben a hőmérsékleti görbe lefutása az előbbi határozott tagozottság helyett a vízadó réteg szintjétől felfelé hosszú, egyenletes lefutásúvá alakul. Ilyen viszonyok természetszerűen a vegykezelés hatását illuzórikussá teszik.

Az előadóval való együttműködésem kapcsán ismételten felmerült a mélységi vízmintavétel szükségességének gondolata. Lényeges ugyanis annak megállapítása, hogy a kutak vastartalma az agresszív vizek hatására a béléscső anyagából, vagy magából a rétegből származik-e. Ennek eldöntésére szolgálnak azok a külföldön és az olajkutatásnál már régebben használatos eszközök, amelyek a feltárt anyagok fizikai és kémiai tulajdonságainak meghatározását a telepviszonyok mellett teszik lehetővé. Abban az esetben, ha a fakadás szintjéből vett vízminta maga is vasat tartalmaz, az előadó által javasolt eljárás csak akkor indokolt, ha a fúrt kút szájánál vett vízminta vastartalma meghaladja a fakadás szintjéből vett vízmintáét. Nem indokolt az előadó által javasolt, vagy bármely más kezelési eljárás akkor, ha a fakadási szintben vett vízminta vastartalma azonos a külszíni vízminta vastartalmával, vagy ha a kút béléscsövezése mögött a már fentemlített vízmozgás megállapítható. Múlhatatlanul szükségesnek tartom, hogy a fenti okokból az új kutak víz-analízise a felszínen vett mintán kívül a mélységből vett vízre is kiterjesztessék. Az ilyen mintavétel egyúttal felvilágosítást nyujtana arra nézve is, hogy nem történt-e a víznek a csőben való felszállása közben illetéktelen hozzákeveredés és általában, hogy ugyanolyan minőségű-e a kitermelt víz, mint a fakadás szintjében. A két- vagy több szintben való vízmintavétel útján azoknak a szelvényeknek pontos mélységét is meg lehet határozni, ahol a melyből felszálló víz más szintből fakadó vizekkel keveredik, amennyiben a magasabb szintek vizének összetétele eltér a mélyebb szintekétől. Elképzelhető és valószínű eset ugyanis, hogy a mélyszinten beszűrődött, vagy befogadott víz, vasra egyáltalán nem agresszív, valamely magasabb szintben ezzel szemben agresszív víz van. Ebben az esetben a mélyből vett vízminta a külszínről vett mintával szemben lényeges eltérést mutat ugyan, holott a víznek vasra agresszív jellege csupán egy közbenső szinttől felfelé érvényesíti romboló hatását a kút béléscsövezetére, illetve csak attól kezdve vasas, amennyiben a hozzákevert víz rétegeredetű vasvegyületeket tartalmaz. Ez a tisztán vegyvizsgálati eljárás, a szükséges mintavevő és laboratóriumi eszközök birtokában feltétlenül alkalmas a kút állapotvizsgálatának céljaira.

Az előzőkben vázolt mélységi mintavétellel jelentőségében egyenértékű vizsgálati módszer a kútban levő vízmozgás mechanikai úton való ellenőrzése. A vad- és szökevény-szelvények meghatározása mellett a víz áramlási sebességé-

nek ellenőrzésére az előadóval végzett munkáknál azért is szükség volt, mert a vegykezelendő kutak szelvényei teljesen ismeretlenek voltak. Az áramlásmérésekkel így sikerült megállapítani a szűrőszerkezettel végzett fakadó szelvények helyét, a kút bélelésére használt csövek átmérőjének változását és azt, hogy vannak-e a kútban szökevény-szelvények vagy sem. A kút csőméreteinek utólagos meghatározása megfelelő fúróberendezés hiányában más úton csak körülményes és hosszadalmas tarázás útján vált volna lehetővé és a szűrőszerkezet pontos helye még akkor is csak bemondás útján lett volna megállapítható.

Amint az elmondottakból látjuk, a mélységi víz-analízis nem teszi nélkülözhetővé az áramlásmérővel való vizsgálatokat, mert azzal a szökevényszelvények helyének meghatározása nem lehetséges. Ezzel szemben a nem kívánatos vizek fakadási helyének meghatározása szempontjából feltétlenül kiegészíti az áramlásmérővel történt vizsgálatok adatait.

Az előadónak a vas-, mangán- és savtalanítás terén kifejtett munkássága már eddig is számos tudományos és gazdasági eredménnyel gazdagította az ivó- és ipari-víz megjavítását célzó tanulmányokat. Meggyőződésem, hogy a mélységi vizeknek telepviszonyok melletti és eddig nagymértékben elhanyagolt tanulmányozása gyógy- és ásványvízkútjaink, úgyszintén hasznosítható ásványos anyagok feltárását célzó mélyfúrásaink terén a Hidrológiai Kutató Intézet ügykörében további jelentős eredményeket fog szolgáltatni hazai közegészségügyünknek és közgazdaságunknak.

CZIRÁKY JÓZSEF

Saját tapasztalataimból pár adatot közlök. Nádudvaron 1936-ban kutat fúrtunk, amelyet azóta rendszeresen klóroztunk. Két éve rendszeresen ellenőrzöm a kutat és az ma is eredeti vízhozamát hozza. Hévizen 1941-ben 3 kutat fúrtak, s azok teljesen tönkrementek. 125 l-re ment le a vízhozam, úgyhogy új kút fúrása szükséges.

DIPPOLD ANNA

Az elhangzott értékes előadás vízellátásunk minőségének javítására vonatkozó új eredményekről számol be. Jelentőségét nem szükséges külön hangsúlyozni, hiszen hallottuk, hogy pl. a mesterséges védőretegképzés, vagy a savtalanítás milyen nagymennyiségű csőanyag megtakarítását teszi lehetővé. Az ismertetett eljárások alkalmazásával oly helyeken is kifogástalan víz biztosítható, ahol a természeti körülmények miatt csak erősen vasas vizek nyerhetők.

Az előadás a vastalanításnak a vízműveknél történő, tehát nagyüzemi jellegű felhasználásáról számol be. Szabad legyen tapasztalataim alapján ennek a fermagoval való vastalanításnak kis teljesítményben, egyes falusi közkutaknál történő felhasználására vonatkozóan néhány adatot felemlítenem. Egyes vidékeinken, így főleg Szabolcs-Szatmár megyében és általában a Felső-Tisza vidékén, a kisebb mélységű 30—70 m mély fúrt kutak olyan nagymennyiségű rétegeredetű vasat, néha 10—15 mg/litert is tartalmaznak, hogy a kútból kifolyó víz kellemetlen fémes ízű és a kiváló vastól már a vödör sárgásbarna színűvé válik. A lakosság a fúrt kutakkal feltárt, vastartalmától eltekintve kifogástalan vizet, természetesen nem akarta inni. Ezért számos ilyen kútnál a kút mellett elhelyezett kismélységű száraz aknában kb. 250—300 kg fermagot

tartalmazó 30—100 cm-es tartályt helyeztünk el, mely fermago a víz vastalanítását tökéletesen elvégezte. Mivel a kiváló nagymennyiségű vas a szűrőszemcsék ellenállását növelte, annak 2—3 hetenként történő ellenáramú átöblítése vált szükségessé. A falusi lakosság azonban nem vette magának azt a fáradságot, hogy a vastalanítót meghatározott időközönként kiöblítse. Ennek következtében az eltömődött szűrő ellenállása megnőtt, ez pedig a szivattyú erősebb igénybevételét és így annak gyorsabb elromlását hozta magával. Végeredményben tehát a beépített vastalanítók a kezelés hiánya miatt nem működhettek. Számos ilyen vasas vizű közkútunk áll használaton kívül. Kormányzatunk nemrégiben felállította a Megyei Karbantartó Vállalatokat, melyeknek működéséhez nagy reményt fűzök. A vállalat szakszerű közreműködésével igen csekély költséggel és munkával lehetővé válik majd a kisméretű vastalanítók újbóli üzembehelyezése és ezáltal a kihasználatlanul álló kutakat a lakosság újból igénybeveheti.

A mesterséges védőrétegképződés alkalmazásának új lehetőségét látom egyik nagy, épülő ipartelepünk vízellátásánál, ahol a vizet szolgáltató hét nagyátmérőjű fúrt kutat megvizsgálva úgy találtam, hogy a vízben kimutatott vas csőeredetű. Mivel azonban a vízben mészre agresszív szénsav is jelen van, és ez az agresszív szénsavmennyiség a mesterséges védőréteg kialakulását — az eddigi tapasztalatok szerint — megnehezíti, illetve gátolja, ezen a téren még újabb kutatási lehetőségek állnak *Papp Szilárd* előtt, hogy eljárását mészaggresszív szénsavat tartalmazó vizeknél is alkalmazhatóvá tegye.

ABOS BRUNÓ

Papp Szilárd igen értékes és tanulságos előadását mi, üzemi mérnökök a legnagyobb érdeklődéssel hallgattuk végig. Mindig örömmel hallgatunk meg olyan előadást, mely a műszaki tudományos eredményeket a gyakorlattal kapcsolja össze, mert ezekből az előadásokból tudunk a legtöbbet tanulni. A haladó műszaki tudománynak a gyakorlattal mindenkor szoros kapcsolatban kell lennie, mert csak így érhetők el eredmények.

Papp előadásának, mely tulajdonképpen három részre tagolódott, az utolsó, harmadik részéhez — a talajban végzett vastalanítási kísérlethez — szeretnék néhány mondatban hozzászólni.

A gyakorlatból tudjuk, hogy általában csak olyan természetes vizek tartalmaznak vasat, esetleg mangánt sók alakjában oldva, akár organikus, akár anorganikus kötésben, melyeknek oldott oxigéntartalma kevés, vagy egyáltalában nincs. Az ilyen vastartalmú vizek hazánkban, általában sok organikus anyagot tartalmazó, reduktív tulajdonságokkal rendelkező talajrétegekből származnak, vagy a kút felé áramló víz ilyen rétegekben kényszerült áthaladni. Sajnos, országunkban sok ilyen vastartalmú, természetes talajvíz található. Az ilyen vastartalmú vizeket vezetett ivó- vagy ipari-víznek általában csak drága vastalanító szűrés után lehet felhasználni. A víz szűrése rendkívül megdrágítja, kb. kétszeresére émeli a víz termelési költségeit. Drága szűrőberendezést kell tervezni és beruházni a víz tisztítására és az üzembentartás is tetemes dologi és anyagi költségekkel jár. A vízellátással foglalkozó mérnökök régi problémája olyan megoldást keresni, hogy a vastartalmú víz már a talajban vasmentesíthető legyen és mint vastalanított víz nyerjen kitermelést a kútból. Ezért örömmel hallottuk, hogy hazánkban is folynak már ilyen irányú kísérletek, melyek a talajban levő vasat tartalmazó vizet kémiai anyagokkal, jelen esetben klórmész adagolásával igyekeznek vasmentesíteni, illetőleg a víz vas-

mennyiségét csökkenteni. Papp kísérleteihez szabadjon megjegyeznem, hogy véleményem szerint a klórmésznek az előadásában vázolt módon való adagolása aggályos, mert a víztartó rétegbe leszívódó mésztej, a talaj elcementálásához vezethet, mely a kút vízhozamának erős csökkenését eredményezheti. Javasolnám, hogy a további kísérletekhez ne klórmeszet, hanem magnéziumhipokloritot használjon, melynek elcementáló képessége kisebb mértékű. Érdekes volna a kíserletet, a vasas vizet tároló és szállító rétegbe süllyesztett fúrólyukak segítségével folyékony klórral is megismételni. Véleményem szerint a klór erős oxidáló hatása meggátolná a vas oldódását a vízben.

Papp Szilárd kísérletei azonban olyan szempontból is érdekesek, hogy klórmész adagolásával meg lehetne szüntetni olyan kutak vizének vastartalmát, melyek egyik oldalról vasmentes vízzel táplálkoznak és csak a másik oldalról kapnak olyan vizet, mely reduktív talajon szivárog keresztül és vasat tartalmaz. Ilyen esetben az elcementálódás előnyös volna. Itt elsősorban a folyami filtrációs kutakra gondolok, melyek sokszor úgy vannak telepítve, hogy a szárazföld felől alacsonyabb vízállásnál reduktív organikus anyagokat tartalmazó talajrétegekből kapnak nagyobb mennyiségű vastartalmú vizet. Klórmész adagolásával így nemcsak a vastartalom volna csökkenthető, hanem a kút a vastartalmú víz felőli oldalról az elcementálódás következtében fokozatosan leárnyékolódna. Természetesen ez a kútnál némi vízhozamcsökkenéssel járna, de a vasmentes víz előnyei ezt bőven ellensúlyoznák. A vízhozam növelése pedig újabb kút segítségével olcsón megoldható volna. Papp Szilárd kezdeményező lépését örömmel kell üdvözölnünk, mert eredményei a vezetett vízellátásban rendkívül értékesek lesznek. Nagy megtakarítások érhetők majd el azáltal, hogy sok helyen nem kell drága szűrőberendezéseket létesíteni.

Reméljük, hogy a kísérleteket folytatják. Kérem az előadót, hogy későbbi időpontban, az újabban elért kísérleti eredményekről is számoljon be, mert a szóbanforgó kérdés országos jelentőségű.

BÉLTEKY LAJOS

Az előadó által ismertetett eljárás, mely a fúrt kutak esetében mutatkozó vízelvasasodást kívánja megszüntetni, nagyjelentőségű a falusi kútépítések terén is. Az a törekvés ugyanis, hogy lehetőleg ne nagymélységű, kifolyó vizet adó artézi kutakat létesítsünk, hanem a kutat a vízzáró réteggel bíró első olyan vízadó rétegre telepítsük, melyből elegendő mennyiségű és megfelelő minőségű víz termelhető. Ez igen sokszor akadályba ütközik ott, ahol ezeknek a kismélységű vízadórétegeknek a vize olyan nagymértékben vasas, hogy a vastartalom a víz ivásra és háztartási célokra való felhasználását megnehezíti. Általában eternitcső használatával próbáljuk a víz aggresszív hatását kiküszöbölni. Ennek beépítését azonban legfeljebb 100 m mélységig tartjuk helyesnek, mivel nagyobb mélység esetén igen kedvezőtlen tapasztalatokat szereztünk. Az eternitcső használata még kisebb mélység esetén is nagyon gondos csőkapcsolást és beépítési munkát igényel, mert ha a csőkapcsolást, a kavicsolást és az agyagolást nem a leggondosabban végzik el, a védőcső kihúzása után szabaddá vált porózus rétegek vize a béléscső mellett ráfolyik a beszűrődött rétegre, azt szennyezi, azonkívül a beszűrőzött rétegre ráfolyó felső iszapréteg a víz belépési ellenállásának megnövekedését is okozza. Ennek következtében a kút vízhozama lecsökken, vagy pedig a különböző hidrosztatikai nyomással bíró rétegek záródnak így rövidre, ami abban is megnyilatkozik, hogy a nyugalmi vízszint lejjebb

száll. Ez a jelenség főleg kifolyóvízű kutaknál kellemetlen, mert a próbaszűrőn keresztül mutatkozó kifolyóvíz szintje az eternitcső beépítése után a talaj szintje alá száll.

Vastalanító alkalmazása kéziszivattyúval falusi kutaknál megoldható ugyan, de a kezelés hiányossága miatt a vastalanító rendes működése nem biztosítható.

A kúttechnikusok nehéz helyzetben vannak, ha a vízvizsgálat eredménye szerint a fúrócsőbélelés elvasasodást idéz elő, eternitcső használata pedig a vízhozam előreláthető csökkenésére, vagy a víz felülről való szennyeződésére vezet.

A fenti nehézségeket a vascsövezetnek védőréteggel való bevonása kiküszöböli. Ezért üdvözlöm örömmel az előadó által ismertetett és ajánlott módszert a víz elvasasodásának megakadályozására.

DURA KÁROLY

Mint kivitelező mérnök örömmel hallgattam Papp Szilárd előadását a fúrócsövek korróziójának vegykezeléssel való megakadályozásáról. Csatlakozom az előttem felszólalóhoz, mely szerint a vegykezeléssel járó védőréteg kialakítása a kész fúrólyukban hármas előnyt jelent: először a fúrócsövek és ezen keresztül a kút időelőtti tönkremenetelét megakadályozza, másodsorban lehetővé teszi a kisebb mélységű, de vasra agresszív rétegek bekapcsolását és ezáltal a továbbfúrással kapcsolatos többletkiadások felmerülését kizárja, harmadszor vasra agresszív víz esetén az eternitcsövek használatát szükségtelenné teszi és ezáltal az eternitcsővel való bélelés következében előálló zavarokat kiküszöböli.

A vegykezeléses eljárással kapcsolatban szabad legyen egy-két kérdést feltennem. Kútmosatás esetén a védőréteg folytonossága hiányt szenved-e és ennek következtében kútjavítás után újabb vegykezelés szükséges-e?

A vegyvizsgálat alatt, amely azt célozza, hogy a víz vastartalma csőből oldott-e, avagy rétegeredetű, a fúrófelszerelésnek vissza kell-e maradni és ez mennyi időt vesz igénybe?

Papp Szilárd által előadott eljárás használatát nemcsak a jövőben készítendő kutak esetében, hanem nagy vastartalommal bíró meglevő kutak esetében is javasolom, amennyiben megállapítást nyer — esetleg reométerezéssel — hogy azok béléscsövezete még nem perforálódott.

MOSONYI EMIL lev. tag

Örömmel hallottam ezt a magasszívnonalú kémiai meggondolásokat tartalmazó tanulmányt, amelyet *Papp Szilárd* olyan ragyogó előadói készséggel mondott el, hogy vízimérnök létemre is követni tudtam. Azt látjuk, hogy Papp Szilárd a kérdések elméleti problémáit is továbbfejlesztette és előadásából az is kibontakozott, hogy vizsgálatainak alapos gyakorlati eredménye van.

Megkérdeztem tőle, hogy a debreceni eset megoldásával, milyen megtakarítást lehetett elérni. Szerényen csak annyit jegyzett meg, hogy azelőtt rossz volt a víz, most jó.

Ha a különböző vízjavító eljárásokat nem kellett volna elvégezni, ez ebben az esetben 2 millió forint nagyságrendű költségmegtakarítást jelentett volna. Ha hozzávesszük Papp Szilárd további eredményeit, a korrozió elleni védelmet, az már jó néhány millió forint megtakarítást jelent a népgazdaságnak. Ezek

a megtakarítások a 10 éves terv folyamán a tervbe vett állandó továbbfejlesztések útján súlyos milliókat fognak elérni Papp Szilárd munkássága nyomán.

Az akadémiai nagygyűlés hidrológiai része és kisebb körünk, a Magyar Hidrológiai Társaság is azt a célt szolgálja, hogy a különböző tárgykörben működő hidrológus kartársakat összefogja és hogy egymást segítsék. Problémáink szorosan összekapcsolódnak és most a saját szakmámba vágó kérdéssel fordulok Papp Szilárdhoz. Nagy, közepes és kisvízi műtárgyaknál, amelyek olyan vidéken vannak alapozva, ahol vasas vizek találhatók és vasszádfalakat alkalmazunk, ott a korrózionak nagy szerepe lehet. Ellenvetés lehet ezzel kapcsolatban az, hogy a szádfalaknál nyugalomban van a víz. Ez a nyugalom azonban csak akkor áll fenn, ha vízzárórétegig zár a szádfal. Ha azonban csak a víz szivárgási útját hosszabbítja, de nem fékezi, akkor a szivárgás a szádfalnál mozgást okoz és korrózióra lehet számítani. Hogyan lehetne ez ellen a szádfalat megvédeni? Bizonyos korrózióra számítanak az irodalomban, az összekapcsolásnál képződő rozsdásodásra, amely bizonyos mértékig nem árt, mert szorosan zárja a hézagokat, de túlzott mértékben bajt okoz.

Kérjük Papp Szilárdot, hogy ezzel a számunkra igen fontos kérdéssel foglalkozzék és legyen segítségünkre a technikai kérdések megoldásában is.

BALOGH JENŐ

A forráskutatók nevében mondok köszönetet Papp Szilárdnak, aki munkánkban mindig jelentős támogatást adott. Az ő érdeme, hogy a felesleges víz felhasználásával kapcsolatos berendezéseknél nagy költségmegtakarításokat érhettünk el. A második berendezés a Lipótvárosban most fog elkészülni. Itt 20 000 m csövet építünk be, s igen sokat jelent az a tudat, hogy van lehetőség segíteni a csövek korróziójával kapcsolatban és nem végzünk hiábavaló munkát.

Megköszönve Papp Szilárd eddigi közreműködését, kérjük, hogy a jövőben is legyen segítségünkre.

PAPP FERENC

A gyógyvizek szempontjából méltányolom az előadás óriási jelentőségét. Ha ipari vizeket, műszaki alkotásokat meg lehet védeni, még nagyobb jelentőségű, hogy a gyógyvízkutak állagát lehet ily módon megvédeni a pusztulástól. Mi, akik a kérdéssel foglalkozunk, tudjuk, hogy hány kút ment tönkre. Éppen ezért igen nagyjelentőségű Papp Szilárd eljárása a gyógyvizek és gyógyforrások szempontjából is.

Még felhívom a figyelmet arra, hogy érdemes lenne megkísérelni a kovaföld diatomapala beiktatását, mert valószínűnek tartom, hogy ez a nagy mennyiségben rendelkezésre álló anyag megfelelne a várakozásoknak. Nagy a hézagtérfogata, ellenálló, ezért érdemes lenne külföldi anyagok, drága anyagok pótlásaként a szűrőanyagok közé beiktatni.

PAPP SZILÁRD válasza

A hozzászólásokért elsősorban hálás köszönetet mondok. Ezekben újabb szempontok és irányok vetődtek fel és építő kritikával járultak hozzá a további munkálatok elvégzéséhez.

Sarló Károly hozzászólásával kapcsolatban megemlítem, hogy az új lipótvárosi thermálvízvezeték, amely a margitszigeti Magda- és részben a Széchenyi-fürdő II. sz. forrásának vizét fogja odavezetni, a vizek agresszív tulajdonságai következtében szintén védőrétegképzésre szorulhat. Vízszintes nyomócsövek esetében védőrétegképzést nem végeztem eddig. Természetesnek tartom, hogy az ilyen munkálatok külön egyéni megoldást kívánnak, azonban a helyes megoldás esetén itt is eredményre vezethet az eljárás. A vegyi anyagoknak más úton, esetleg oldatban történő adagolására sor kerülhet. Ebben az esetben is feltevésünk szerint, várható a védőréteg kialakulása.

Mazalán Pál hozzászólása rendkívül értékes. Mindazokat a szempontokat, amelyeket felemlített, megszívlelésre méltónak tartom. Ő volt az, aki beszélgetéseink során többször hangoztatta a kutak hőmérsékletének, a vízfenék hőmérsékletének mérését. Erre a célra alkalmas mérő, éppen az Akadémia támogatásával, munkában van és minden valószínűség szerint még ebben az évben leszállításra kerül. Igen fontos az a megjegyzése, hogy a vízminták összetételét ne csak a felszínen határozzuk meg, hanem a víztartórétegek mélyebb részeiből is törekedjünk vízmintavételre, tehát a kút fenekéről is vegyünk vízmintát. Egy mélységi mintavevő beszerzése, ugyancsak az Akadémia támogatásával, szintén folyamatban van és a jövő év első hónapjaiban készül el. A felszíni áramlások mérésére alkalmas reométert éppen *Mazalán Pál* segítségével tudtuk beszerezni ebben az évben. A készülékkel azért nem végezhettünk ez ideig méréseket, mert a kábelek még nem készültek el. Ezeket azonban rövidesen megkapjuk és a mélységi mintavételt, valamint a fenékhőmérséklet mérését is meg lehet majd kezdeni.

Cziráky József megemlítette, hogy a hévizi kút néhány éves üzemeltetés alatt tönkrement. Ennek oka a szabad szénsav- és a kénhidrogéntartalom volt. Közölhetem, hogy a régi kút pótlására fúrt új kút elkészült és értesüléseim szerint a fúrás rendkívül jó eredménnyel végződött: percenként 1600 liter vizet szolgáltat. Itt is figyelemmel kell kísérni a lehetőségeket, hogyan lehet a csöveket megvédeni.

Dippold Anna falusi kutakra vonatkozó megjegyzéseit megszívlelendőnek tartom. Nagyon jól jelölte meg a nehézségeket azzal kapcsolatban, hogy elterjeszthessük azt a nagyobb teljesítményű készüléket, amely a kisebbméretű falusi kutak esetében is elhelyezhető a kút aknájában. A falusi közöny okozza, hogy a kutakat nem tartják rendben, nem javítják, vagy ha javítják, nem szakszerűen teszik és így inkább kárt okoznak. Ha a karbantartást biztosítani tudjuk — előkészületek már történtek —, akkor mód lesz rá, hogy egyszerűbb készülékeket építsünk be a közkutakhoz. A védőrétegképződéssel kapcsolatban megjelölte az irányt, amely felé a további kutatásoknak haladniok kell. Eddig problémát mindig az olyan kutak okoztak, amelyek mészre aggresszív szénsavat tartalmaznak, mert ha a védőréteg ki is alakítható, az aggresszív szénsav a kalciumkarbonátot leoldhatja. Ez a kérdés újabb kutatási munkát tesz szükségessé. Elvileg már foglalkoztunk vele; esetleg a foszfátos-szilikátos megoldásra lehet gondolni.

Abos Brunó megjegyzéseit köszönöm és helyesnek tartom. Megjegyezte, hogy a kalciumklorid huzamosabb idő mulva a talaj elcementálódásához vezethet és ezért helyette magnéziumoxiklorid alkalmazását javasolja. Ezt a kísérletek során ki is fogjuk próbálni. Most azonban nem könnyű beszerezni ezt az anyagot. Meg vagyok róla győződve, hogy a kísérlet eredménnyel fog járni. A folyékony klór adagolása esetében aggályos, hogy hatása hamar kimerül és

állandóan újra kellene adagolni. A klórmész előnye az, hogy a talajnedvesség hatására a felszabaduló klór a talajt állandóan nedves állapotban tartja. Ha a klórgáz adagolása megszűnik, bekövetkeznek a redukciós folyamatok. Ennek adagolásától tehát tartósabb sikert nem várok, inkább a magnéziumoxikloridra helyezem a fősúlyt. Az egyoldalon történő elcementálást helyes ötletnek tartom és egyoldalról áramló víz kizárásánál célszerű kipróbálni.

Bélteky Lajos eternitcső helyett védőréteg kialakítását hozza javaslatba. A kutatások még jóformán csak kísérleti állapotban vannak. Nagyüzemre való áttérés nagyobb felkészültséget igényel, mert minden kút esetében ott kell lennie a szakembernek, aki a vízmintákat a helyszínen állandóan ellenőrzi és megállapítja, szükséges-e újabb adagolás. A javaslat megfontolandó, de nagyobb felkészültség kell hozzá.

Dura Károly kérdezte, hogy javítás esetén a védőréteg megsérül-e. Nyilvánvaló, hogy a védőréteg nem bírja el a vasszerszámokkal való horzsolást, lekerül a cső falazatáról és a korrózió megindul. Nem egyszerű feladat, hogy a réteget ne sértsük meg. Éppen ezért nem lehet a védőréteget behelyezés előtt kialakítani, csak akkor, amikor vassal már nem nyúlunk a csőbe. Kérdezi, hogy a fúróállványnak vissza kell-e maradni fenékminta vétele esetében? Ha a kút felszökő vizet szolgáltat, akkor ahhoz, hogy nyugodtan tudjunk dolgozni, a vizet nyugalomba kell hozni, tehát a csövezetet fel kell magasítani. Ebben az esetben 2—5 m, vagy nagyobb magasságban kell dolgozni, amit a fúróállvány helybenhagyása nagyon megkönnyítene, mert ennél magasabban dolgozni nehézkes. Ha csak olyan kutakról van szó, amelyeknél nincs felszökővíz, a fúróállványra nincs szükség, mert az adagolás egyszerűen végezhető.

Mosonyi Emil újabb feladatot jelölt meg számunkra, t. i. a vasszádfalak korróziója elleni védekezés problémáját, amit a vízépítő mérnök a vízépítési technikában hasznosíthatna. Javaslata nagyon helyénvaló és azt megszívleljük, igyekszünk megoldást találni. Az erre vonatkozó részleteket azonban természetesen mérnök szakemberrel kell megbeszélnünk.

Balogh Jenő a nagyszabású munkához, amit a margitszigeti fúrásoknál végez, a kémikusok munkáját és segítségét kéri. Természetesen ezt a segítséget a legnagyobb készséggel felajánlom és mint eddig, úgy a jövőben is rendelkezésre állunk nagy horderejű és gazdasági szempontból is nagyjelentőségű munkájánál.

Papp Ferenc jó ötletet vetett fel, mikor rámutatott az országban beszerezhető diatomapalára, amely nyilvánvalóan erős abszorbeáló anyag lehet. Még nem próbáltuk ki és nem is tudok róla, hogy vízszűrésre eddig valahol használták volna, de úgy gondolom, alkalmazása eredményes lenne. Mindent el fogok követni, hogy ezt az anyagot beszerezzem és kísérleteket végezzek vele. Ha abszorbeáló képessége kellő mértékű lesz, esetleg a víztisztítás egyéb ágazataiban is hasznosítani lehet. Pl. szagtalanításnál, amit eddig csontszénnel végeztek, ami külföldről behozott anyag. Ezeket a javaslatokat meg kell szívlelni, mert megszabják a további kutatás irányát.

TARTALOMJEGYZÉK

Németh Endre: Az öntözővíz mérésére szolgáló korszerű berendezések, különös tekintettel a Venturi-csatornákra 1

Hozzászólások: Pattantyús Á. Géza 20
Lászlóffy Woldemár 22
Szilágyi Gyula 27
Fazekas Károly 29
Kovács György 30
Szesztay Károly 30
Finály Lajos 30
Németh Endre válasza 30

Bogárdi János: A csapadék és hőmérséklet hatása a talajvíztükör változására 33

Hozzászólások: Németh Endre 61
Szilágyi Gyula 62
Mosonyi Emil 64
Serf Egyed 65
Aujeszky László 67
Lampl Hugó 69
Cziráky József 69
Juhász József 70
Bogárdi János válasza 70

Mosonyi Emil: Eljárás hidraulikai felületi érdesség meghatározására 75

Hozzászólások: Pattantyús Á. Géza 94
Szilágyi Gyula 95
Serf Egyed 96
Bogárdi János 98
Kovács György 101
Maurer Gyula 103
Kertai Ede 104
Karádi Gábor 105
Németh Endre 105
Mosonyi Emil válasza 106

Kreybig Lajos: A talajok hő- és vízgazdálkodásának újabb, a gyakorlat részére fontos tudományos eredményei 109

Hozzászólások: Kovács Gábor 121
Fekete Zoltán 121
Prettenhoffer Imre 121
Székely Ákos 122
Finály Lajos 122
Salamin Pál 122
Szelényi Ferenc 124
Kreybig Lajos válasza 128

Frank Melanie: Kísérletek egyes gazdasági növények vízigényének megállapítására... 131

Hozzászólások: Oroszlány István ... 140
Salamin Pál ... 144
Sajó Endre ... 146
Kállay Kornél ... 147
Balogh János ... 149
Hank Olivér ... 151
Prettenhoffer Imre ... 152
Fekete Zoltán ... 153
Szabó László ... 154
Frank Melanie válasza ... 154

Papp Ferenc: Az ország gyógyvíz- és gyógyforrásvizsgálatainak újabb tudományos eredményei ... 157

Hozzászólások: Kiss Tibor ... 177
Schulhof Ödön ... 178
Bacsó Nándor ... 179
Kenyeres Lajos ... 180
Páter János — ... 182
Kövesi István ... 182
Balogh Jenő ... 183
Horusitzky Ferenc ... 184
Nyevrajev G. A. ... 184
Halász Márta ... 187
Szabó Géza ... 187
Papp Ferenc válasza ... 188

Papp Szilárd: A vízellátás minőségének megjavítására vonatkozó újabb kísérleti és gyakorlati eredmények ... 189

Hozzászólások: Sarló Károly ... 205
Mazalán Pál ... 206
Cziráky József ... 208
Dippold Anna ... 208
Abos Bruno ... 209
Bélteky Lajos ... 210
Dura Károly ... 211
Mosonyi Emil ... 211
Balogh Jenő ... 212
Papp Ferenc ... 212
Papp Szilárd válasza ... 212

Ára: 28.— Ft

Akadémiai Kiadó (Budapest, V., Alkotmány-u. 21.) Felelős: Mestyán János

Akadémiai nyomda. Gerlóczy-utca 2. — 16809/52 — Felelős vezető: ifj. Puskás Ferenc