

MAGYAR  
TUDOMÁNYOS AKADÉMIA  
MŰSZAKI TUDOMÁNYOK OSZTÁLYÁNAK  
KÖZLEMÉNYEI

II. KÖTET 1. SZÁM

SZERKESZTI  
HEVESI GYULA



MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA  
BUDAPEST, 1952

A  
MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA  
MŰSZAKI TUDOMÁNYOK OSZTÁLYÁNAK  
KÖZLEMÉNYEI

SZERKESZTI:  
HEVESI GYULA

II. KÖTET 1. SZÁM

SZERKESZTŐSÉG: BUDAPEST, V., GÉZA-UTCA 2.  
KIADÓHIVATAL: BUDAPEST, V., ALKOTMÁNY-U. 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: 936.550), külföldi megrendelések a »Kultúra« Könyv és Hírlap Külkereskedelmi Vállalat (Budapest, VIII., Rákóczi-út 5. — Magyar Nemzeti Bank egyszámlaszám: 929.040) útján eszközölhetők.

A Magyar Tudományos Akadémia Műszaki Tudományok Osztályának kiadványa az *Acta Technica Hungarica* 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 további három nyelven. Cikkeket magyar vagy a szerző választotta idegen nyelven a következő címre kell beküldeni:

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

## TARTALOMJEGYZÉK

	Oldal	Füzet- szám
<i>Ajtai Zoltán</i> : Elővájások és fejtések nehéz gépesítése (Hozzászólás Vargha Béla előadásához) .....	250	1
<i>Árkos Frigyes</i> : (Hozzászólás Geleji Sándor előadásához) .....	461	1
<i>Bíró Ferenc</i> lev. tag : Gépgyártásunk anyagmegtakarítási lehetőségei a korszerű technológiai módszerek révén .....	632	1
<i>Botló Vendel</i> : Központi teherelosztó műszaki kérdései (Hozzászólás Kovács K. Pál előadásához) .....	590	1
<i>Csonka Pál</i> : A korszerű méretezési elvek és eljárások .....	816	1
<i>Domony András</i> : Al-Cu-Mg nemesíthető könnyűfémötvözetek néhány tulajdonságának változása .....	104	2
<i>Egyed László</i> : Geofizikai nyersanyagkutatás (Hozzászólás Vadász Elemér előadásához) .....	124	1
<i>Egyed László</i> : (Hozzászólás Szádeczky Kardoss Elemér előadásához) .....	199	1
<i>Forgó László</i> : A levegőkondenzáció alkalmazásának műszaki és gazdasági lehetőségei hazai gőzerőműveinkben (Hozzászólás Heller László előadásához) .....	503	1
<i>Földvári Aladár</i> : (Hozzászólás Vendel Miklós előadásához) .....	176	1
<i>Frank László</i> : Új irányok az öntészetben (Hozzászólás Bíró Ferenc előadásához) .....	648	1
<i>Geleji Sándor</i> lev. tag : A hengerlés gyakorlati és elméleti problémáinak matematikai megoldása .....	414	1
<i>Geleji Sándor</i> lev. tag : A hengerlésnél fellépő közepes alakítási ellenállás és a hengerlési munka kiszámítása .....	44	2
<i>Gillemot László</i> lev. tag : Magyar bauxit feldolgozásának új útjai (Hozzászólás Szele Mihály előadásához) .....	344	1
<i>Gillemot László</i> lev. tag : Porkohászat és precíziós öntés (Hozzászólás Bíró Ferenc előadásához) .....	665	1
<i>Hajtó Nándor</i> : Gömbrafitos öntöttvas előállításának problémái (Hozzászólás Bíró Ferenc előadásához) .....	660	1
<i>Hazay István</i> : Vizsgálatok a Gauss—Krüger ábrázolási mód magyarországi alkalmazásával kapcsolatban .....	63	1
<i>Heller László</i> : Energiagazdálkodásunk időszerű kérdései .....	465	1
<i>Heller László</i> : Hazai gőzerőművek hűtővíz problémái .....	118	2
<i>Hevesi Gyula</i> lev. tag : A tudományos kutatás és a termelés kapcsolatai (és hozzászólások) .....	6	1
<i>Hevesi Gyula</i> lev. tag : (Hozzászólás Vadász Elemér előadásához) .....	27	2
<i>Hornung Andor</i> : Gyorsforgácsolás (Hozzászólás Bíró Ferenc előadásához) .....	678	1
néhai <i>Jáky József</i> r. tag : Nehéz testi munka gépesítése (Hozzászólás Mihailich Győző előadásához, felolvasta: Széchy Károly) .....	809	1
<i>Kántás Károly</i> : Elektromos geofizikai kutatómódszerek elméleti alapjai és fejlesztési lehetőségei .....	74	1
<i>Kántás Károly</i> : A karsztvizkutatás geofizikai lehetőségei (Hozzászólás Vigh Ferenc előadásához) .....	315	1
<i>Káposztás Pál</i> : (Hozzászólás Vadász Elemér előadásához) .....	41	2
<i>Kassai Ferenc</i> : (Hozzászólás Vigh Ferenc előadásához) .....	305	1
<i>Kerpely Kálmán</i> : Oxigénes és levegőbefúvásos acélgyártás .....	369	1
<i>Kertai György</i> : A magyarországi olaj- és földgázvagyron növelésének lehetőségei (Hozzászólás Vadász Elemér előadásához) .....	120	1
<i>Kertai György</i> : (Hozzászólás Szádeczky-Kardoss Elemér előadásához) .....	198	1
<i>Kertai György</i> : (Hozzászólás Vadász Elemér előadásához) .....	36	2

	Oldal	Füzet- szám
<i>Komondy Zoltán</i> : Anyagtakarékosság lehetőségei a gőzgépeknél és gázgépeknél (Hozzászólás Vörös Imre előadásához) .....	724	1
<i>Korponai Gyula</i> : Megtakarítási lehetőségek a regie költségeknél (Hozzászólás Bíró Ferenc előadásához) .....	686	1
<i>Kovács Károly Pál</i> lev. tag : A villamosenergia-termelés és elosztás időszerű kérdései hazánkban .....	541	1
<i>Krisztof Vladimír</i> : Az egységesítés kérdéseiről a geodéziában (Hozzászólás Kántás Károly előadásához) .....	91	1
<i>Krupár Géza</i> : Tömegtermelésre alkalmas fejtőmódok (Hozzászólás Vargha Béla előadásához) .....	222	1
<i>Láday Jenő</i> : A bányászat könnyű gépesítése. (Hozzászólás Vargha Béla előadásához) .....	246	1
<i>Lévai András</i> : (Hozzászólás Kovács Károly Pál előadásához) .....	600	1
<i>Lindner István</i> : Gőzkazánok és tüzelőberendezések korszerű tervezése (Hozzászólás Vörös Imre előadásához) .....	719	1
<i>Major Máté</i> lev. tag : A sztahanovista mozgalom a magasépítőiparban (Hozzászólás Mihailich Győző előadásához) .....	797	1
<i>Majzon László</i> : Egyéb ásványi nyersanyagaink (Hozzászólás Vadász Elemér előadásához) .....	132	1
<i>Martiny Károly</i> : A hazai szénelőkészítés időszerű kérdései, különös tekintettel az alk. szénelőkészítő gépekre (Hozzászólás Vargha Béla előadásához) .....	253	1
<i>Mazalán Pál</i> : A bányászatban emelt karsztvíz hasznosítása (Hozzászólás Vigh Ferenc előadásához) .....	310	1
<i>Melkuhn István</i> : Vasúti nyomtatójárművek korszerű tervezése (Hozzászólás Vörös Imre előadásához) .....	731	1
<i>Menyhárt István</i> : A vasbetonhidépítés fejlődési irányai Magyarországon (Hozzászólás Mihailich Győző előadásához) .....	757	1
<i>Mihailich Győző</i> r. tag : Elnöki megnyitója .....	3	1
<i>Mihailich Győző</i> r. tag : Korszerű építési szerkezetek és eljárások .....	740	1
<i>Mosonyi Emil</i> : Vízergazdálkodásunk időszerű feladatai (Hozzászólás Heller László előadásához) .....	515	1
<i>Müller László</i> : (Hozzászólás Szádeczky-Kardoss Elemér előadásához) .....	200	1
<i>Ocsvár Rezső</i> : A gépesítés szempontjai a mélyépítésben (Hozzászólás Mihailich Győző előadásához) .....	792	1
<i>Ollé László</i> : A hőszivattyú jelentősége energiagazdálkodásunkban (Hozzászólás Heller László előadásához) .....	486	1
<i>Pál István</i> : A bányavillamosítás időszerű kérdései (Hozzászólás Vargha Béla előadásához) .....	265	1
<i>Pálos Ferenc</i> : Az együttműködő és elosztóhálózatok korszerű védelme (Hozzászólás Kovács Károly Pál előadásához) .....	577	1
<i>Palotás László</i> : Korszerű építésanyagok (Hozzászólás Mihailich Győző előadásához) .....	785	1
<i>Pantó Gábor</i> : Ércinkesünk felkutatása (Hozzászólás Vadász Elemér előadásához) .....	106	1
<i>Papp Ferenc</i> : Hazai magmatikus közeteinkről (Hozzászólás Vadász Elemér előadásához) .....	111	1
<i>Pattantus A. Imre</i> : (Hozzászólás Geleji Sándor előadásához) .....	451	1
<i>Pelikán József</i> : A héjszerkezetek elterjedését gátló okok és azok kiküszöbölése (Hozzászólás Mihailich Győző előadásához) .....	755	1
<i>Rada István Tamás</i> : Malmi hengerszék teljesítőképességének kiszámítása .....	133	2
<i>Rathing Ferenc</i> : Előregyártott vasúti vasbetonalj és vezeték tartóoszlop (Hozzászólás Mihailich Győző előadásához) .....	761	1
<i>Rázsó Imre</i> lev. tag : Anyagtakarékossági lehetőségek mezőgazdaságunk gépesítésénél (Hozzászólás Vörös Imre előadásához) .....	712	1
<i>Renner János</i> : Geofizikai kutatásaink haladása és módszerei (Hozzászólás Vadász Elemér előadásához) .....	127	1
<i>Ritter Endre</i> : Anyagtakarékosság a szerszámgépek tervezésénél (Hozzászólás Vörös Imre előadásához) .....	704	1
<i>Ronkai Ferenc</i> : Védő és üzemi földelések nagyfeszültségű berendezésekben (Hozzászólás Kovács Károly Pál előadásához) .....	620	1
<i>Sebestyén Gyula</i> : Munkamódszerek és normák (Hozzászólás Mihailich Győző előadásához) .....	804	1
<i>Sümeghy József</i> : Mélységbeli vízkészletünk hasznosítása (Hozzászólás Vadász Elemér előadásához) .....	116	1

MAGYAR  
TUDOMÁNYOS AKADÉMIA  
MŰSZAKI TUDOMÁNYOK OSZTÁLYÁNAK  
KÖZLEMÉNYEI

II. KÖTET 1. SZÁM

SZERKESZTI  
HEVESI GYULA



MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA  
BUDAPEST, 1952



# A KRITIKA ÉS AZ ALKOTÓ VITÁK KIFEJLESZTÉSÉÉRT A MŰSZAKI TUDOMÁNYOK TERÉN\*

Részlet a Szovjetunió Tud. Akadémiájának műszaki osztályközleményeiből.

Sztálin elvtárs nyelvtudományi cikkeiben rámutatott arra, hogy semmiféle tudomány nem fejlődhet és nem érhet el sikereket a vélemények harca, a kritika szabadsága nélkül.

Sztálin elvtárs útmutatása a vélemények harcának és a kritika szabadságának szükségességéről meghatározza a szovjet tudomány fejlődésének és sikereinek egyik legfontosabb tételét és előrehaladásának törvényét.

»Szovjet társadalmunkban, ahol már nincsenek egymással ellentétes osztályok, ahol megszűnt a harc a régi és az új között, következőképpen az alacsonyabbrendűtől a magasabbrendű felé való fejlődés nem az egymással ellentétes osztályok harcának és kataklizmáknak formájában megy végbe, amint ez a kapitalizmusban történik, hanem bíráló és önbíráló formájában, ami fejlődésünk igazi mozgatóereje és hatalmas fegyver a Párt kezében. Ez feltétlenül újfajta mozgás, új típusú fejlődés, új dialektikus törvényszerűség«.  
(Zsdanov.)

I. V. Sztálin nyelvtudományi munkái felfegyverezték a szovjet tudósokat a tudomány haladásáért folytatott harcban a rutin és a dogmatizmus, a burzsoá ideológiának a tudományos kutatásokba való behatolása és a tudomány egyes ágainak »monopolizálására« irányuló kísérletek ellen.

A Szovjetunió Tudományos Akadémiája Műszaki Tudományok Osztályához tartozó intézetek nyilvános pártértekezlete felszólította a Műszaki Tudományok Osztályának valamennyi pártszervezetét és tudományos kollektíváját I. V. Sztálin nyelvtudományi munkáinak mélyreható tanulmányozására abból a célból, hogy tudományos kutató tevékenységük során megvalósítsák az ezekben foglalt útmutatásokat. Ezzel kapcsolatban egyik legsürgősebb feladat a kritika és az alkotó viták kifejlesztése a műszaki tudományok terén.

A Műszaki Tudományok Osztályához tartozó intézetek, a minisztériumok, az iparági tudományos kutató intézetek, főiskolák, ipari üzemek, valamint tudományos műszaki társaságok részvételével 30 széleskörű tudományos értekezletet és viták sorozatát rendezték különböző időszerű problémák és irányzatok tisztázására.

\* A kritikai szellem és alkotó viták kifejlesztése nálunk is egyik előfeltétele tudományos életünk fellendülésének és nem utolsósorban akadémiai bizottságaink és kutatóintézeink jobb munkájának is. Ezért tartottuk szükségesnek felhívni olvasóink figyelmét — követendő példaként — a Szovjet Tudományos Akadémia e cikkben ismertetett tapasztalatára.

Egyes értekezletek példát mutattak a tudományos kritika következetes alkalmazására és eredményeik kétségtelenül kedvező hatással lesznek a műszaki tudományok egyes ágainak fejlődésére.

Így például a Szovjetunió Tudományos Akadémiája Éghető Ásványok Intézete és a D. I. Mengyelejev nevét viselő Össz-szövetségi Kémiai Egyesület által összehívott értekező behatóan foglalkozott a szilárd éghető ásványok genezise, kémiája és technológiája problémáinak feldolgozásával. Az értekező munkájában több, mint 350 szakember vett részt — a Szovjetunió Tudományos Akadémiája, a szövetséges köztársaságok akadémiai, az iparági tudományos kutató intézetek és főiskolák tudományos munkatársai. Az értekező bíráló szellemében vitatta meg az elvégzett tudományos kutatómunkákat és megjelölte a szilárd éghető ásványok kémiája és genezise területén folytatott, a népgazdaság szükségleteinek maximális kielégítését célzó kutatások továbbfejlesztésére irányuló intézkedéseket. Az értekező, kiemelve a szovjet tudomány hatalmas eredményeit a szilárd éghető ásványok kutatása és ipari felhasználása terén, egyszersmind feltárta a fogyatékoságok egész sorát is.

Az értekező megállapította, hogy még nem kellő mértékben képezték tanulmányozás tárgyát a szilárd éghető ásványi anyagok egyik stádiumából a másikba való átmenetének folyamatai, többek között a mikrobiológiai folyamatok. Éles bírálatnak vetették alá e tudományág fejlődését akadályozó áltudományos elméleteket és megvilágították a szilárd ásványi üzemanyagokkal kapcsolatos új, haladó irányzatokat. Az értekező leleplezte a burzsoá tudósok (Fischer, Mackenzie, Taylor és követőik) elméletének reakciós és meddő lényegét, amely szerint a szén keletkezése nem egyéb, mint biokémiai szempontból tartós anyagok felhalmozódásának folyamata. Ez az elmélet felépítésében figyelmen kívül hagyja a szintézis reakcióit és más fontos tényezőket is. Az értekező a továbbiakban kiemelte, hogy csakis a modern kémia, biológia, fizika, geológia és petrográfia által nyújtott ismeretek komplex alkalmazása teszi lehetővé, hogy az éghető ásványok tanulmányozása során megközelítsük azok genezisének, összetételének és sajátosságainak helyes megismerését.

A Szovjetunió Tudományos Akadémiája Bányászati Intézete által a nemfém hasznos ásványok flotációjának elmélete tárgyában megtartott széleskörű értekező minden oldalról megvizsgálta az e téren folytatott munkát, bíráló elemzés tárgyává tette a vitás kérdések egész sorát és feltárta egyes munkák hibás megállapításait. Az értekező kiemelte a szovjet tudósoknak a flotáció terén elért hatalmas eredményeit, de emellett rámutatott arra is, hogy a flotáció elméletének kifejlesztése még sok kívánnivalót hagy hátra. Ennek magyarázata egyrészt az, hogy az egyes kutatások elméleti színvonala nem elég magas, másrészt az, hogy hiányzik a flotációval kapcsolatos munkák tudományos bírálata.

Az értekező bírálta, hogy egyes könyvekben (K. F. Bjeloglazov) túl nagyra értékelik a nyugati tudósok munkáit és erélyesen visszautasított minden



arra irányuló kísérletet, hogy a reagensek és az ásványi anyagok kölcsönhatásának vizsgálatánál a kémiai vegyületek felépítésével kapcsolatos idealista elképzeléseken alapuló úgynevezett »vegyértékkötés rezonanciája« elméletet alkalmazzák. Az értekezlet hangsúlyozta, hogy Sztálin elvtárs útmutatásai a szovjet tudomány fejlődésének útjairól, a vélemények harca és a kritika szabadsága szükségességéről, rendkívüli jelentőségűek a flotáció elméletével kapcsolatos munka szempontjából.

A Műszaki Tudományok Osztálya széleskörű tudományos viták szervezésére irányuló első kísérleteképpen vitát rendezett a szovjet tudomány feladatairól a szilárdság és képlékenység terén. Ezen a vitán a Szovjetunió Tudományos Akadémiája, a szövetséges köztársaságok akadémiai intézeteinek, az iparági kutató intézeteknek, főiskoláknak, tervező intézményeknek és ipari üzemeknek kb. 500 munkatársa vett részt. A vitaülés megállapította, hogy a szovjet tudomány a szilárdság és képlékenység kérdéseiben jelentős eredményeket ért el az egész népgazdaság szempontjából fontos problémák megoldásával. A lefolytatott vita előreláthatóan hozzá fog járulni ahhoz, hogy a fizikusok, metallografusok és mechanikával foglalkozó szakemberek egyesítsék erőfeszítéseiket a szilárdság és képlékenység további problémáinak megoldására.

I. V. Sztálin nyelvtudományi munkái felbecsülhetetlen jelentőségűek a tudományos technika terminológiai kérdéseinek kidolgozása szempontjából is. »Bármilyen gondolatok keletkeznek is az ember fejében, csak a nyelvi anyag alapján, a nyelvi kifejezések és mondatok alapján fejlődhetnek és létezhetnek...« »...A nyelv és különösen szótári szókészlete úgyszólván szakadatlan változás állapotában van. Az ipar és a mezőgazdaság, a kereskedelem és a közlekedés, a technika és a tudomány állandó fejlődése megköveteli a nyelvtől szótárának kiegészítését olyan új szavakkal és kifejezésekkel, amelyek szükségesek azok munkájához. És a nyelv, amely közvetlenül tükrözi ezeket a szükségleteket, új szavakkal egészíti ki szótárát, tökéletesíti nyelvtani szerkezetét.«

A Technikai Terminológiai Bizottság helyes kezdeményezéssel széleskörű megbeszélés tárgyává tette V. V. Vinogradov »A mai orosz irodalmi szóképzés kérdései I. V. Sztálin munkáinak tükrében« című cikkét. A Technikai Terminológiai Bizottság Tudományos Tanácsa a fizikai lényeg helyesen visszaadó fogalmak meghatározásának jelentősége kérdésében határozatot hozott, amely kiemelte, hogy a tudományos terminológiát kizárólag a dialektikus materializmus szilárd és egyedül helyes alapján kell kidolgozni. Minden konkrét tudomány éppen az alapfogalmak meghatározásában és a meghatározások rendszerében a legszorosabban érinti a filozófiát és ezért itt elengedhetetlenül szükséges a marxizmus-leninizmus elméletének határozott és következetes alkalmazása.



# SZÁNTÓFÖLDÖN LEFOLYÓ GÖRDÜLÉSI JELENSÉGEK ÉS MEZŐGAZDASÁGI VONATKOZÁSAIK

RÁZSÓ IMRE lev. tag

Akadémiai székfoglaló, 1951. január 18.

A gördülési jelenségek minél alaposabb megismerésének mezőgazdasági vonatkozásban különös jelentősége van. Mezőgazdaságunk ugyanis évenként sokmillió mázsa terményt állít elő, aminek szállítása úgyszólván kizárólag kerekes járműveken történik és a szállítás jelentős része magán a szántóföldön folyik le. A szántóföldön dolgozó gépek és eszközök is majdnem mind kerekeken gördülnek. Végezetül vannak olyan talajművelő eszközeink is — különböző hengerek, — amelyek feladatukat, a laza talaj szükségszerű tömörítését, gördüléssel működő munkaelemekkel végzik. Nyilvánvaló tehát, hogy minden tökéletesítés, ami a szántóföldön haladó gépek, vagy járművek továbbmozgását megkönnyíti, nagyjelentőségű, mert országos vonatkozásban komoly üzemanyag-megtakarítást jelenthet.

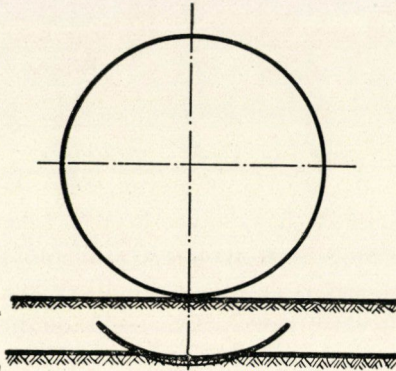
A szántóföld talaja, mint gördülési pálya, igen nagy mértékben különbözik a kerekeken haladó járművek számára létesített, kifejezetten szállítási célokat szolgáló egyéb gördülési pályáktól, mint amilyenek a különböző útburkolatok, vagy vasúti sínek. Ha ugyanis a gördülés különféle lehetséges eseteit tekintjük, ezek általában a következő főcsoportokba sorolhatók :

1. Merev kerék, amely gördülés közben közvetlenül érzékelhető alakváltozást nem szenved, ugyancsak kemény, nem deformálódó pályán gördül. (Pl. a vasúti kerék és sín). Az érintkezésnél itt is van alakváltozás, amennyiben a kerék bizonyos mértékig benyomódik a sínbe, ennek folytán az érintkezés első fél szakaszán az érintkező felületek közül a sínfelszín meghosszabbodik, a kerékfelszín viszont rövidül ; a második szakaszban ennek ellenkezője történik. Az alakváltozás azonban a rugalmasság határát nem lépi túl és így maradó deformáció nincsen (1. ábra).

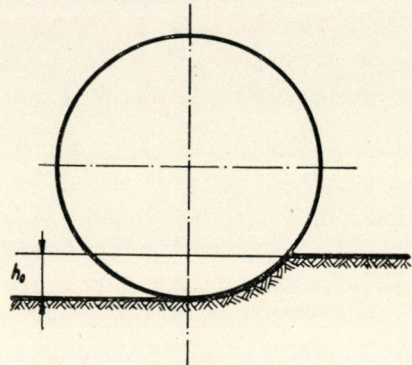
2. Merev kerék, nálánál sokkalta lágyabb, maradó alakváltozást szenvedő pályán gördül. (Pl. a vasabroncsos kerék és szántóföld.) A kerék deformációja ez esetben a pálya deformációja mellett elhanyagolható ; viszont ez utóbbi fel-színe a kerék nyomán bizonyos mértékig ( $h_0$ ) lenyomódik, vagyis a talaj tömörödik (2. ábra).

3. Rugalmasan deformálódó kerék kemény, nem deformálódó pályán gördül. (Pl. légtömlesztés gumiabroncs kemény útburkolaton.) Ez esetben a pálya-deformáció elhanyagolható a kerék deformációja mellett és ez utóbbi is rugalmas, azaz eltűnő deformáció (3. ábra).

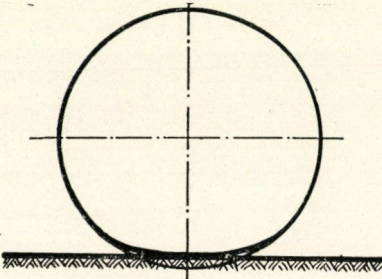
4. Rugalmasan deformálódó kerék deformálódó pályán gördül. (Pl. légtömplős gumiabroncs fellazított talajon.) Ez esetben a kerék rugalmas deformációja mellett a talaj maradó deformációt szenved, azaz a második esethez



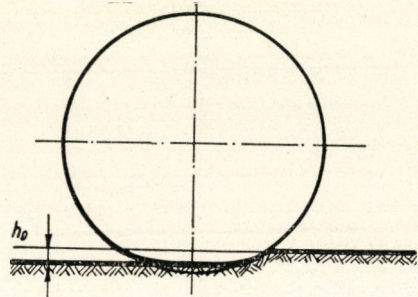
1. ábra.



2. ábra.



3. ábra.



4. ábra.

hasonlóan szintén a talaj tömörödése következik be. Ez azonban azonos talajviszonyok és kerékméreték mellett általában mindig lényegesen kisebb, mint vaskerék esetében (4. ábra).

Nyilvánvaló tehát, hogy a szántóföldön mozgó kerék egészen más, sokkal bonyolultabb törvényszerűségeket követve gördül tova, mint pl. a vasúti kerék.

A felsorolt alapesetek mindegyikében a kerék különböző szerepet tölthet be.

Így lehet :

a) *hordozó* vagy *transzportációs kerék*, amely csak terhet hord, de meghajtva nincs és maga sem hajt semmiféle szerkezetet az általa hordozott járműben, vagy gépezetben. (Ilyen pl. a kocsikerék ; talajművelő gépek kerekei általában, traktorok első kerekei stb.) ;

*b) meghajtókerék*, amely a talajjal érintkező felületén ébredő surlódás — u. n. adhézió — révén az általa hordozott gépezetben, megfelelően kialakított kapcsolattal bizonyos részeket hoz mozgásba. (Pl. fogatos fűkaszalógép kerekei, traktoros talajművelő gépek önműködő kiemelőszerkezeteit mozgó kerek a kiemelés tartama alatt, stb.);

*c) meghajtott kerék*, amely az általa hordozott szerkezet motorától kapja meghajtását megfelelő áttételi szerkezeten keresztül és a közte, valamint a talaj között fennálló adhézió révén alkalmas arra, hogy az általa hordozott szerkezetet előre mozgassa. (Pl. a traktorok és automobilmek meghajtott kerekei.)

A *b)* és *c)* esetben szántóföldi gépeknél az adhéziót a kerék kerületére szerelt kapaszkodókkal növelni lehet, ha erre szükség van.

Amint tehát az előadottakból kitűnik, a kérdés meglehetősen szerteágazó a lehetséges esetek sokfélesége miatt; vizsgálatainkban azonban ez alkalommal csak a lágy, deformálódó szántótalajon végiggördülő, merev hordozókerék gördülési jelenségeivel foglalkozunk (2/a eset).

A talaj, amelyen a gördülés végbemegy, igen sokféle lehet és így a gördülés feltételei már eleve nagyon eltérők. A különböző talajféleségek nemcsak nagyobb területegységként — pl. országrészenként — változnak, hanem sokszor még egyazon táblán is a tábla különböző részein jelentős eltérések mutatkozhatnak, sőt ugyanazon talajféleségnél is talajművelési vagy időjárási behatásokra egyik napról a másikra teljesen megváltozhatnak a talaj azon tulajdonságai, amelyek a rajta végbemenő gördülést befolyásolják. Igen nehéz továbbá a talajnak nem közvetlenül a felszínen lévő rétegeiben a különböző behatások folytán előálló változásokat megállapítani, vagy éppenséggel azokra következtetni. Végül nem szabad figyelmen kívül hagyni azt sem, hogy a szántóföldön végbemenő gördülés feltételeit igen kedvezőtlenül befolyásolja az a körülmény, hogy a növénytermesztés szempontjából megkívánt és különböző műveletekkel létrehozott talajállapot általában éppen az ellenkezője annak, mint ami a gépek továbbmozgatása szempontjából előnyös volna.

A gördülésnél fellépő jelenségeknek tudományos kutatása több mint 100 évre nyúlik vissza. *Morin* végzett először kísérleteket a gördülési ellenállás törvényszerűségeinek tisztázására és összefüggést állapított meg a kerék által hordozott teher, a kerék méretei és a vonóerő között, különböző gördülési feltételek mellett. *O. Reynolds* elméleti megfontolások alapján rámutatott és kísérletileg is igazolta, hogy rugalmas anyagból készült kerék és pálya esetében a gördülés közben szükségképpen előálló alakváltozások következtében az egymással érintkező felületek között csúszási jelenségek lépnek fel, tehát a gördülési ellenállás ilyen esetben csúszósúrlódásra vezethető vissza.

A gördülő pálya maradó deformációja mellett végbemenő törvényszerűségekkel *Gerstner* foglalkozott. A gördülési ellenállást a gördülés közben előálló

talajtömörítési munkából vezette le. Az általa felállított és a ma is gyakran idézett képlet :

$$P = 0,86 \sqrt[6]{\frac{Q^4}{\kappa \cdot b \cdot D^2}}$$

ahol  $P$  a szükséges minimális vonóerőt, azaz a gördülési ellenállást,  $Q$  a kereket terhelő összes súlyt,  $b$  a kerék szélességét,  $D$  a kerék átmérőjét jelenti,  $\kappa$  pedig a talaj fajlagos ellenállása tömörítésnél, azaz a talajtól függő állandó, amely talajnemenként a mindenkor talajállapotnak megfelelően tág határok között változhat.

*R. Bernstein* a talaj fajlagos tömörítési ellenállásának változására állapított meg pontosabb összefüggéseket és vizsgálatai alapján kimutatta, hogy az a gördülő test méretviszonyaitól függően is változik. Az általa megállapított összefüggés, amelyeket ugyancsak a talaj tömörítésére fordított munkából vezetett le, a következő :

$$P = 0,958 \frac{Q^{3/4}}{\sqrt{q'_0} \cdot D^{3/4}}$$

ahol  $q_0 = a(1 + 0,27b)$ ;  $a$  viszont a talajtól függő állandó,  $b$  a kerék talpszélessége.

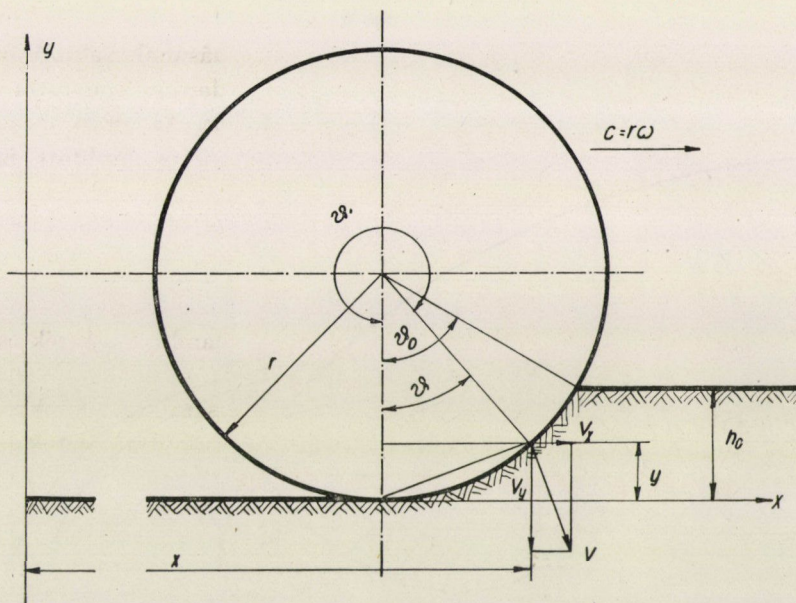
Az említett összefüggések általában a tapasztalati adatokkal eléggé egyező eredményeket adnak, de sok esetben a mért és számított adatok egymástól mégis nagy eltéréseket mutattak. Tehát az összefüggések, a gördülési ellenállást befolyásoló tényezők alaposabb tisztázása mutatkozott szükségesnek. Az 1930-as évek elején német és amerikai kutatók egymással majdnem egyidőben széleskörű kísérletekkel és mérésekkel próbálták a feladatot megoldani, de általános érvényű elvi összefüggéseket nem sikerült megállapítaniok.

Az elmélet továbbfejlesztése szovjet kutatók nevéhez fűződik. *V. P. Gorjacs*kin akadémikus, a mezőgazdasági gépészet elméletének megalapozója, a kerék gördülésénél mutatkozó jelenségek elemzésénél már a talaj és a kerék között fellépő csúszások okozta surlódást is figyelembe veszi. Tanítványai és munkatársai közül *M. I. Letosnyev*, *I. P. Rajevszkij* és *V. A. Zseligovszkij* akadémikus foglalkoztak a kérdéssel. Sajnos, multbeli elszigeteltségünk folytán munkáikat részletesen ma sem ismerjük, csak hivatkozásokból tudunk egyes megállapításokról. Így *Zseligovszkij* mutatott rá arra, hogy meghajtó kerék esetében — amikor tehát a kerék valamely szerkezeti rész meghajtását végzi és ennek folytán nem tiszta gördüléssel, hanem csúszva-gördülve halad előre — a keréknek talajjal érintkező részein jelentkező csúszások a kerék forgásához viszonyítva különböző értelműek lehetnek. *P. M. Vaszilenko* közelmultban megjelent tanulmánya, amely ugyancsak a *meghajtókerék* dinamikájával foglalkozik, *Gorjacs*kin és *Zseligovszkij* megállapításait alapulvéve, mechanikai, valamint matematikai megfontolások

alapján állít fel összefüggéseket a surlódásból és talajtömörítésből származó erőhatásokra vonatkozóan. Rámutat azonban egyúttal az elmélet további fejlesztésének és az összefüggésekben szereplő talajtulajdonságok kísérlet-úton való megállapításának fontosságára és szükségességére.

Jelen tanulmánynak célja az, hogy a kerék gördülésénél előálló jelenségekre vonatkozó ismereteket újabb megállapításokkal gyarapítsa.

Kiindulva a gördülő kerék mozgási jelenségeiből: vízszintes pályán tiszta gördüléssel » $c$ « állandó sebességgel haladó » $r$ « sugarú hengeres test —



5. ábra.

pl. kerék —, amelynek szélességi mérete  $b$ ,  $h_0$  mélységig süllyed bele a lágy talajba, a mely teljesen rugalmatlan, vagyis az elszenvedett alakváltozás teljes egészében maradékos. A  $h_0$ -nak megfelelő központi szög  $\vartheta_0$ ; a tömörített szakaszon belül egy tetszőleges ponté  $\vartheta$ . A gördülés kiindulási pontjától, azaz a vizsgált pont által leírt ciklois kezdőpontjától számított elfordulási szög  $\vartheta'$ , a pont koordinátái  $x$ ,  $y$  (5. ábra).

A kerék gördülés közben cikloist ír le (6. ábra). A cikloisnak a gördülés feltételeiből kifejezett egyenlete alapján a vizsgált pont koordinátái:

$$x = r\vartheta' - r \sin \vartheta' = r(\vartheta' - \sin \vartheta') \quad (1)$$

$$y = r - r \cos \vartheta' = r(1 - \cos \vartheta') \quad (2)$$

a pont abszolút sebességének a koordináta-rendszer tengelyei irányába eső összetevőit:

$$v_x = \frac{dx}{dt} = \frac{dx}{d\vartheta'} \cdot \frac{d\vartheta'}{dt} = r\omega (1 - \cos \vartheta') \quad (3)$$

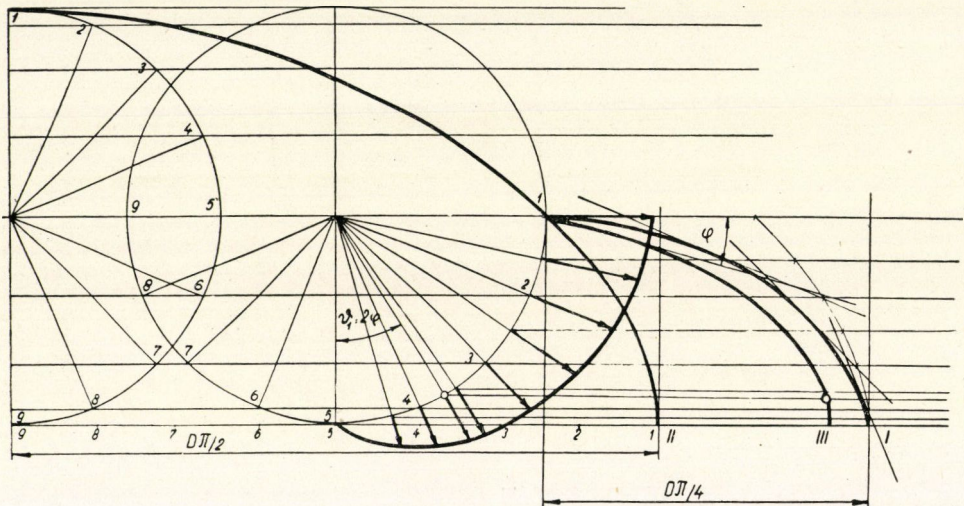
$$v_y = \frac{dy}{dt} = \frac{dy}{d\vartheta'} \cdot \frac{d\vartheta'}{dt} = r\omega \sin \vartheta' \quad (4)$$

azonban

$$\sin \vartheta' = -\sin \vartheta$$

$$\cos \vartheta' = \cos \vartheta$$

$$r\omega = c$$



6. ábra.

ezen értékekkel

$$v_x = r\omega (1 - \cos \vartheta) = c (1 - \cos \vartheta) \quad (5)$$

$$v_y = r\omega \sin \vartheta = -c \sin \vartheta \quad (6)$$

azaz  $v_y$  lefelé mutat. A sebesség abszolút nagysága pedig

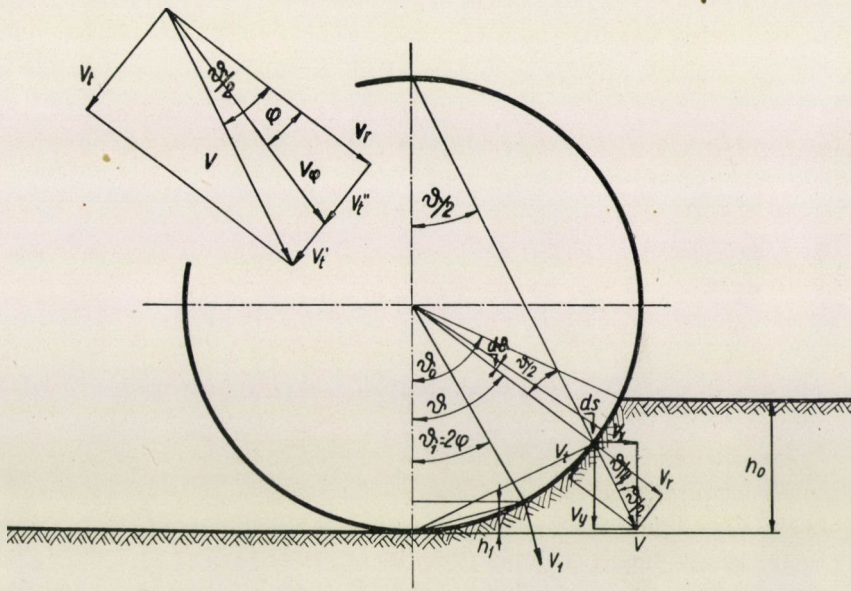
$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = c \sqrt{2(1 - \cos \vartheta)} \quad (7)$$

$v$  iránya pedig egyszerűen állapítható meg, abból, hogy a pillanatnyi gördülési középpont a keréknek a talajjal érintkező legalsó pontja »A«. Az abszolút



sebesség iránya tehát mindig merőleges az  $A$ -ból a vizsgált ponthoz húzott egyenesre (7. ábra).

Az ábrából látható, hogy a  $v$ -nek mindig van a haladás irányába eső összetevője,  $v_x$ , vagyis a talaj tömörödése közben vízszintes erőhatások is vannak, azaz a talajrészecskéknél a tömörödés közben előálló elmozdulása nemcsak függőleges irányú lesz, hanem a haladási irányba eső eltolódások is előállnak.



7. ábra.

Ha egyelőre feltételezzük, hogy a talaj és kerék között nincsen súrlódás, akkor — mint az ábrából látható — a kerék a talajt mindig csak felületére merőleges irányban tolhatná maga előtt és ezért eközben a talaj és kerék között elcsúszás is támadna, mert a sebesség iránya nem esik össze az eltolódás irányával. A  $v$  sebességnek a talaj mozgatásában szerepet játszó, sugárirányú összetevője  $v_r$ , az elcsúszásra jellemző érintőleges irányú összetevő viszont  $v_t$ . Ezeknek nagysága az ábrán látható geometriai összefüggések alapján állapítható meg.

Nyilvánvaló ugyanis, hogy

$$v_x = v \sin \frac{\vartheta}{2} \quad \text{és} \quad v_y = v \cos \frac{\vartheta}{2} \quad \text{másképpen azonban}$$

$$v_t = v \sin \frac{\vartheta}{2} \quad \text{és} \quad v_r = v \cos \frac{\vartheta}{2}$$

vagyis  $v_x$  és  $v_t$ , nemkülönben  $v_y$  és  $v_r$  abszolút nagysága megegyeznek

$$|v_x| = |v_t| \quad \text{és} \quad |v_y| = |v_r|$$

és ezzel 5. és 6.-ból

$$v_t = c (1 - \cos \vartheta) \quad (8)$$

$$v_r = c \sin \vartheta \quad (9)$$

Mechanikai megfontolások alapján megállapítható és geometriai szerkesztéssel igazolható, hogy ebben az esetben — vagyis ha súrlódás nem volna — a kerékkal érintkező talajszemcse egy ellipszis pályán mozdulna tova, feltéve, hogy csak az eltoló erő hatna rá és mozgásában semmi sem gátolná. Azaz az eltoló — ez esetben mindig sugárirányú — erőhatások burkológörbéje ellipszis, amelynek fél nagytengelye egyenlő a kerék kerületének negyedrészeivel, fél kistengelye pedig egyenlő a sugárral, azaz az átmérő felével. (6. ábra, I.)

Természetesen eltolódás ez esetben csak a vízszintes szimmetriatengely alatt fekvő pontokra nézve képzelhető el.

Ha a surlódást is figyelembe vesszük, akkor a talajszemcsék elmozdulása más törvényszerűségek szerint megy végbe. Tökéletes surlódás esetén a talajszemcse nyilvánvalóan együtt mozogna a kerék érintkező pontjával, azaz a mozgási pálya ciklois volna (6. ábra, II.). Adott  $\varphi$  surlódási szög esetén azonban ez csak részben áll fenn. Amint ezt Zseligovszkij és Vaszilenko is megállapítják: *mindaddig, amíg  $v$  iránya kisebb mértékben tér el a sugárirányú összetevőtől  $v_r$ -től, mint a súrlódás szöge  $\varphi$ , vagyis  $v$  és  $v_r$  által bezárt szög kisebb vagy legfeljebb egyenlő  $\varphi$ -vel, a talajszemcse elmozdulása pontosan követi a kerék illetve érintkező pontjainak mozgását, azaz az elmozdulás ciklois mentén történik, feltéve, hogy a talajszemcse elmozdulásának nincsen akadályai. Az ilyen elmozdulás geometriai feltétele tehát az, hogy (7. ábra)*

$$\frac{\vartheta}{2} \leq \varphi$$

ebből viszont következik, hogy az ehhez tartozó középponti szög maximális értéke  $\vartheta_1 = 2\varphi$ . Ez az eset tehát akkor állhat elő, ha a besüllyedés mértéke  $h_1$  legfeljebb akkora, hogy a hozzátartozó középponti szög egyenlő a surlódási szög kétszeresével.

A súrlódási tényező » $\mu$ « vasabroncos kerékre vonatkozóan talajnemenként tág határok között változik és függ az illető talaj nedvességtartalmától is. A talajművelésnél szokásos nedvességi határok között  $\mu = 0,27-0,92$ . A súrlódás legkisebb finom szemcséjű száraz homoknál, ahol  $\mu = 0,27$ , az ehhez tartozó súrlódási szög  $\varphi \approx 15^\circ$ .

Ha a besüllyedés középponti szöge nagyobb  $\varphi_1$ -nél, akkor a kerék nem tudja teljes mértékben magával vinni a vele érintkezésbe kerülő talajszemcséket, hanem ezek eltolása közben elcsúszások is keletkeznek. Az eltolásnál érvényesülő mozgás sebességvektorának  $v_\varphi$ -nek az iránya mindenkor a súrlódás szögével,  $\varphi$ -vel tér el a sugárirányú  $v_r$  összetevőtől. Az elcsúszások tehát kisebb mérvűek lesznek, mintha súrlódás egyáltalán nem volna. Az eltolást létrehozó erő-

hatások burkoló görbéje ez esetben az ellipszis és ciklois közé esik (6. ábra, III.). A kerék vízszintes szimmetriatengelyének magasságában a görbe érintője a vízszintessel  $\varphi$  szöget zár be,  $h_1$  magasságában, azaz  $\vartheta_1$ -nél viszont átmegy a cikloisba.

*Mint hogy pedig a talajrészecskék mozgásbahozása és a kerék, valamint talaj között eközben esetleg keletkező csúszósúrlódás leküzdése egyaránt erőt igényel, ebből következik, hogy a talajtömörítésre fordított erőn kívül a gördülési ellenállásnak lesz olyan tényezője, amely a megmozgatott talaj felgyorsításából, valamint olyan, amely a talaj és kerék között fellépő csúszósúrlódásból származik.*

### A tömörített talaj felgyorsításához szükséges erőhatás

A megmozgatott talaj felgyorsításakor végzett munka a mozgási energia változásából számítható. A  $b$  szélességű kerék  $ds$  nagyságú elemi ívdarabjához tartozó felületre eső elemi gyorsítási munka 1 sec. alatt

A II. ívszakaszon  $\vartheta_1$  és  $\vartheta_0$  között

ahol

$$dL_{\varphi} = \frac{d}{dt} \left( \frac{m_{\varphi} \cdot v_{\varphi}^2}{2} \right) = \frac{m_{\varphi}}{2} \frac{d}{dt} v_{\varphi}^2 + \frac{v_{\varphi}^2}{2} \frac{d}{dt} m_{\varphi} \quad (10)$$

$$m_{\varphi} = ds_{\varphi} \cdot b \cdot v_{\varphi} \cdot \frac{\gamma}{g} \text{ ahol } \gamma \text{ a talaj térfogatsúlya}$$

$ds_{\varphi} = ds \cos \varphi$  azaz az elemi ívszakasz  $v_{\varphi}$ -re merőleges vetülete, és

$$ds = rd\vartheta$$

$$v_{\varphi} = \frac{v_r}{\cos \varphi} = \frac{c \cdot \sin \vartheta}{\cos \varphi} \quad (11)$$

a fenti értékekkel

$$m_{\varphi} = \frac{\gamma}{g} b \cdot ds \cdot c \sin \vartheta \quad (12)$$

$$dL_{\varphi} = \frac{1}{2} \frac{\gamma}{g} b \cdot ds \cdot c \sin \vartheta \cdot \frac{d}{dt} \frac{c^2 \cdot \sin^2 \vartheta}{\cos^2 \varphi} + \\ + \frac{1}{2} \frac{c^2 \cdot \sin^2 \vartheta}{\cos^2 \varphi} \cdot \frac{d}{dt} \frac{\gamma}{g} b \cdot ds \cdot c \cdot \sin \vartheta$$

$$dL_{\varphi} = \frac{1}{2} \cdot \frac{\gamma}{g} \cdot b \cdot ds \cdot c \cdot \sin \vartheta \cdot \frac{1}{\cos^2 \varphi} \cdot c^2 2 \sin \vartheta \cos \vartheta \frac{d\vartheta}{dt} + \\ + \frac{1}{2} \frac{1}{\cos^2 \varphi} \cdot c^2 \cdot \sin^2 \vartheta \cdot \frac{\gamma}{g} \cdot b \cdot ds \cdot c \cdot \cos \vartheta \frac{d\vartheta}{dt}$$

de mert  $\frac{d\vartheta}{dt} = \omega$ ;  $ds_I = rd\vartheta$  és  $r\omega = c$ ; ezekkel az értékekkel

$$\begin{aligned}
 dL_{\varphi} &= \frac{1}{2 \cos^2 \varphi} \cdot \frac{\gamma}{g} \cdot b \cdot c^4 \cdot 2 \sin^2 \vartheta \cos \vartheta d\vartheta + \\
 &+ \frac{1}{2 \cos^2 \varphi} \cdot \frac{\gamma}{g} \cdot b \cdot c^4 \sin^2 \vartheta \cos \vartheta d\vartheta \\
 dL_{\varphi} &= 3 \frac{1}{2 \cos^2 \varphi} \cdot \frac{\gamma}{g} \cdot b \cdot c^4 \sin^2 \vartheta \cos \vartheta d\vartheta \\
 L_{\varphi} &= \frac{3}{2 \cos^2 \varphi} \cdot \frac{\gamma}{g} \cdot b \cdot c^4 \int_{\vartheta_1}^{\vartheta_0} \sin^2 \vartheta \cos \vartheta d\vartheta \quad (13)
 \end{aligned}$$

minthogy pedig

$$\begin{aligned}
 \int \sin^2 \vartheta \cos \vartheta d\vartheta &= \frac{\sin^3 \vartheta}{3} \quad \text{ezzel} \\
 L_{\varphi} &= \frac{\gamma}{2g \cos^2 \varphi} \cdot b \cdot c^4 (\sin^3 \vartheta_0 - \sin^3 \vartheta_1) \quad (14)
 \end{aligned}$$

amiből a tömörített talajréteg gyorsításához szükséges vonóerő

$$P_{\varphi} = \frac{L_{\varphi}}{c} = \frac{\gamma}{2g \cos^2 \varphi} \cdot b \cdot c^3 (\sin^3 \vartheta_0 - \sin^3 \vartheta_1) \quad (15)$$

Az I. ívszakaszon 0 és  $\vartheta_1$  között

$$dL_1 = \frac{d}{dt} \left( \frac{m_1 v_1^2}{2} \right) \quad (16)$$

hol

$$m_1 = \frac{\gamma}{g} \cdot b \cdot c \cdot \sqrt{2(1 - \cos \vartheta)} \cdot \cos \frac{\vartheta}{2} \cdot ds$$

$$v_1 = c \sqrt{2(1 - \cos \vartheta)}$$

az összefüggések tehát valamivel bonyolultabbak. Az előbbi megfontolások alapján levezethető, hogy (17)

$$L_1 = \frac{\gamma}{g \sqrt{2}} \cdot b \cdot c^4 \int_0^{\vartheta_1} \left\{ \sqrt{1 - \cos \vartheta} \left[ 3 \sin \vartheta \cos \frac{\vartheta}{2} - \sin \frac{\vartheta}{2} (1 - \cos \vartheta) \right] \right\} d\vartheta$$

Ha pedig az egyszerűség kedvéért az egész átfogott ívre a II. ívhosszra vonatkozó törvényszerűséget tekintjük érvényesnek, ami egészen elenyésző hibát okozhat csak, akkor az összes talajgyorsítási munka, illetve ehhez szükséges erő

$$L_a = \frac{\gamma}{2g \cos^2 \varphi} \cdot b \cdot c^4 \cdot \sin^3 \vartheta_0 \quad (18)$$

$$P_a = \frac{\gamma}{2g \cos^2 \varphi} b \cdot c^3 \cdot \sin^3 \vartheta_0 \quad (19)$$

A sebességnek tehát látszólag jelentős befolyása van ; minthogy azonban  $\sin \vartheta_0$  a tekintetbe vehető esetekben mindig jóval kisebb 1-nél, azaz  $\sin \vartheta_0 \ll 1$ , a talajgyorsításból származó vonóerő csak akkor ölthet nagyobb értékeket, ha az átfogó ív nagy, azaz a kerék mélyen besüpped a lágy talajba. Ilyen esetben viszont magasabb sebességfokokozatoknál (6—8 km/óra), az ebből származó teljesítményveszteség pl. egy traktornál már 2—3 lóerőre is emelkedhet.

### A kerék gördülése közben a kerék talp és talaj közötti elcsúszásoknál keletkező súrlódás okozta ellenállás

A  $b$  szélességű kerék  $ds$  elemi ívhosszának megfelelő  $b \cdot ds$  felületen a talaj tömörítésekor  $\sigma$ -feszültség keletkezik, ami a felületre merőlegesen hat. Az elcsúszás nagysága egységnyi idő alatt  $v'_t$ ; a talaj és kerék közötti súrlódási tényező  $\mu$ . Az elemi súrlódási munka tehát egy másodperc alatt a következőképpen fejezhető ki:

$$dL_f = b \cdot ds \cdot \sigma \cdot \mu \cdot v'_t \quad (20)$$

$$ds = r d\vartheta$$

$\sigma$  pedig részben a talaj fajlagos tömörítési ellenállásától,  $\kappa$ -tól, részben pedig a besüppedés mélységétől függ. Egyik elfogadott feltevés szerint a mélységgel egyenesen arányos.

$$\sigma = \kappa (h_0 - y) \quad (21)$$

$$h_0 = r - r \cos \vartheta_0$$

$$y = r - r \cos \vartheta$$

$$\sigma = \kappa r (\cos \vartheta - \cos \vartheta_0) \quad (22)$$

a 7. ábrából.

$$v'_t = v_t - v_r \operatorname{tg} \varphi, \quad \text{ahol} \quad \operatorname{tg} \varphi = \mu$$

$$v_t = r\omega (1 - \cos \vartheta)$$

$$v_r = r\omega \sin \vartheta$$

$$v'_t = r\omega (1 - \cos \vartheta - \mu \sin \vartheta) = c (1 - \cos \vartheta - \mu \sin \vartheta) \quad (23)$$

ezekkel az értékekkel

$$dL_f = b \cdot r d\vartheta \cdot \kappa r (\cos \vartheta - \cos \vartheta_0) \cdot \mu \cdot c (1 - \cos \vartheta - \mu \sin \vartheta) \quad (24)$$

$$L_f = b \cdot r^2 \cdot \mu \cdot \kappa \cdot c \int_{\vartheta_0}^{\vartheta} (\cos \vartheta - \cos^2 \vartheta - \mu \sin \vartheta \cos \vartheta - \cos \vartheta_0 +$$

$$+ \cos \vartheta \cdot \cos \vartheta_0 + \mu \sin \vartheta \cos \vartheta_0) d\vartheta \quad (25)$$

$$L_f = b \cdot r^2 \cdot \mu \cdot \kappa \cdot c \left\{ \left[ \sin \vartheta_0 - \left( \frac{1}{2} \sin \vartheta_0 \cos \vartheta_0 + \frac{\vartheta_0}{2} \right) - \right. \right. \\ \left. \left. - \mu \cdot \frac{\sin^2 \vartheta_0}{2} - \vartheta_0 \cos \vartheta_0 + \sin \vartheta_0 \cos \vartheta_0 - \mu \cos^2 \vartheta_0 \right] - \right. \\ \left. - \left[ \sin \vartheta_1 - \left( \frac{1}{2} \sin \vartheta_1 \cos \vartheta_1 + \frac{\vartheta_1}{2} \right) - \mu \frac{\sin^2 \vartheta_1}{2} - \vartheta_1 \cos \vartheta_0 + \right. \right. \\ \left. \left. + \sin \vartheta_1 \cos \vartheta_0 - \mu \cos \vartheta_1 \cos \vartheta_0 \right] \right\} \quad (26)$$

$$\text{A vonóerő pedig } P_f = \frac{L_f}{c} \quad (27)$$

A levezetett összefüggésből számítható vonóerőnövekedés igen tekintélyes lehet, különösen figyelembevéve még az alábbi megfontolást (8. ábra) :

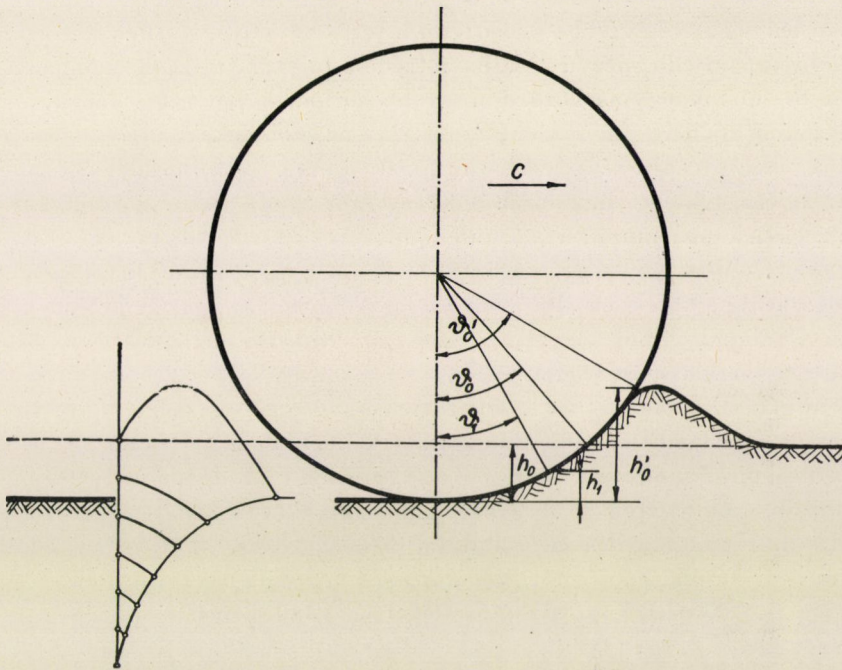
A kerék és a talaj érintkezésének azon szakaszán, ahol a kerék tovagördülése közben az érintkezési felületeken már csúszások is fellépnek, *a kerék nagyobb mennyiségű földet hoz mozgásba, mint amennyit egyidejűleg maga alá tud gyúrni. A megmozgatott többletföldmennyiség nem tudván másutt elhelyezkedni, felduzzad a kerék előtt és előáll az a jelenség, amit a gyakorlatban »túrás« néven ismerünk.* Ennek következtében viszont a kerék előtt feltorlódott föld nagyobb ívhosszon jut érintkezésbe a kerékkel, mint amennyi a tulajdonképpeni besüllyedésnek megfelelne és így nagyobb keréktalpfelszín kapcsolódik bele a tömörítési munkába ; mégpedig a felszínnek ez a része éppen a felduzzasztott többletanyagot igyekszik maga alá gyúrni, azaz a feltorlódás további növekedése ellen hat. A talaj egy bizonyos mérvű feltorlódásánál tehát bekövetkezik a stacioner állapot, amikor tehát a kerék állandóan egyforma mennyiségű felduzzasztott földmennyiséget tól maga előtt mindaddig, amíg csak a felduzzasztást befolyásoló tényezők meg nem változnak.

*A talaj feltorlódásának következményeképpen azonban természetesen megnövekszik a gördülési ellenállásnak súrlódásból származó része, hiszen a feltorlasztott talaj valószínűleg úgy hat, mint egy fék, amit a kerék állandóan maga előtt tól. Energiát emészt a feltorlasztott talajrészek állandó emelése, megnövekszik a tömörítési munka, nemkülönben a mozgásban tartott nagyobb mennyiségű földtömeg mozgatása is több erőt igényel (8. ábra).*

Mindezeknek együttes hatásaképpen *a gördülési ellenállás hirtelen ugrás-szerűen emelkedik, azaz itt is azzal az esettel állunk szemben, amikor a mennyiségi változás hirtelen minőségi változásba csap át.*

Nyilvánvaló, hogy adott kerékterhelés és adott talajviszonyok mellett a kerék méreteit úgy kell megválasztani, hogy »túrás« be ne következhessek.

Az illető gép szerkezeti adottságaitól függően egyéb tényezők is befolyásolhatják a kerék méreteinek megválasztását, de a fenti követelményt mindenképpen ki kell elégíteni. A  $\vartheta_1$  szögnek és a hozzátartozó  $h_1$  besüppedési mélységnek



8. ábra.

tehát a kerékméretezésben igen nagy szerepe van és ezért  $\vartheta_1$ -et a *túrás határszögének*;  $(1 - \cos \vartheta_1)$ -et pedig  $\varrho_t$ -vel jelölve »*túrasi határtényezőnek*« nevezhetjük.

$$h_1 = r \varrho_t \quad \text{illetve} \quad \varrho_t = \frac{h_1}{r} \quad (28)$$

$\varrho_t$  tehát azt fejezi ki, hogy adott sugarú kerék esetében mekkora besüppedés engedhető meg, hogy túrás még be ne következzen. Száraz homoknál  $\varrho_t = 0,13 \sim 0,14$ .

Laza talajnak a kerék gördülésekor bekövetkező felduzzadásával, a túrással Nichols és Mc. Kibben kísérletileg foglalkoztak, de okait nem tisztázták.

A túrás jelensége — mint az az elmondottakból következik — elsősorban száraz, laza homokon szokott bekövetkezni. Ez a magyarázata annak, hogy a traktorok első kerekeinek csapágjai, nemkülönben tengelycsonkjai homokos

vidéken sokkal hamarabb mennek tönkre, főleg gyakrabban törnek el, mint egyébként. Ilyen talajviszonyok mellett kormányzásnál még fokozódik a túróhatás.

Mínt hogy pedig a *túrás* bekövetkezte — egyébként azonos körülmények között — *függ a keréktalp és a talaj közötti súrlódási tényezőtől is*, ebből az is következik, hogy az általában jobb adhéziót biztosító légtömles gumibroncs esetében lényegesen kevésbé forog fenn a túrás veszélye, részben kétségtelenül a gumibroncs kisebb mérvű talajbasüllyedése folytán, részben azonban éppen a gumi és homok egymásközötti nagyobb súrlódási tényezője miatt.

Azokon a jelenségeken kívül, amelyeket az előadottakban részletesen tárgyaltunk, még további tényezők is hatással vannak a gördülésnél fellépő ellenállásra. Így a *cyklois* vizsgálatából következik, hogy tiszta gördüléskor csak a kerék legalsó pontjának, a gördülés pillanatnyi középpontjának a sebessége nulla, minden más pontnak meghatározott nagyságú és irányú sebessége van. Mínt hogy pedig a keréknek általában magasabban fekvő pontjai kerülnek érintkezésbe a talajjal, ebből következik, hogy az érintkezésnél ütközés is történik, ami szintén energiavesztéssel jár.

Vizsgálatainknál — a kvantitatív összefüggések megállapításánál — nem vettük figyelembe azt sem, hogy a kerék által előidézett tömörítés nemcsak a kerék által tényleg érintett földrészecskékre terjed ki, hanem a mélyebben fekvő rétegekre is, amint azt a 8. ábra baloldala mutatja. Ez tehát szintén energiát igényel, amit azonban számításainknál nem vettünk figyelembe, mínt hogy egyelőre nem tudjuk, hogy adott körülmények között a tömörítés hatása milyen mélységig terjed, azaz, hogy a tömörítés ilyen vonatkozásban milyen törvényszerűséget követ.

Viszont abból, hogy a talaj mélyebben fekvő részecskéi is résztvesznek a mozgásban, mégpedig nemcsak lefelé irányuló, hanem a haladás irányába eső mozgásban is, következik, hogy a laza pályán tiszta gördüléssel haladó kerék mindig nagyobb utat tesz meg, mint ami átmérőjéből, illetve kerületéből számítható volna, mert hiszen a gördülési pálya is bizonyos mélységig együtt mozog vele. Egy mozdulatlan koordinátarendszerhez viszonyítva tehát a vázolt körülmények között tiszta gördüléssel tovahaladó kerék minden pontja nem közönséges *cykloist*, hanem nyújtott *cykloist* ír le, ami a csúszva gördülés jellemző görbéje. Azonban ez nem azért van így, mínt ha a kerék és a talaj között a haladás irányába eső valóságos csúszás állana elő, hanem azért, mert a talaj bizonyos rétegvastagságig egyre csökkenő mértékben bár, de együtt mozog a kerékkel. Éppen ezért ez esetben csak *látszólagos kerékcsúszásról* beszélhetünk, mert valójában a haladás irányába eső csúszás nincsen.

A tömörített talaj gyorsítására fordított erőhatás számításainál is figyelmen kívül hagytuk, hogy *túrás* esetén a felső talajrészek nem az elméletileg megállapított pályán mozognak.

A művelt talaj állapota — amint arról már szó volt — igen tág határok



között változhat. Ha a talajszemcsék között általánosságban kohézió van, akkor a talaj szerkezete tömött; viszont, ha a szemcsék vagy több szemcséből álló talajrészecskék között nincsen kohézió, akkor laza talajszerkezettel állunk szemben, ami lehet szemcsés, azaz porszerű, akkor ha a talajszemcsék mind külön állanak, vagy lehet morzsalékos, ha a talaj nagyobb számú szemcsékből álló kisebb rögöcskéknél, ú. n. morzsáknak többé-kevésbé laza halmaza. A nedvességi állapottól függően a talaj viselkedhet képlékeny anyag módjára, bármilyen talajszerkezet mellett is, míg a kiszáradt talaj, ha szerkezete egyébként tömött, általában rideg anyag módjára viselkedik. A szemcsés vagy morzsalékos kiszáradt talaj pedig a szemcsés anyagok tulajdonságait mutatja.

Viljamsz tanításából ismeretes, hogy a talajnak egyik legértékesebb tulajdonsága a morzsalékos szerkezet, mert kedvező nedvesség- és tápanyag-gazdálkodás csak ilyen szerkezet mellett lehetséges. Ezért a szántóföldön végbemenő gördülésnél azt is vizsgálat tárgyává kell tennünk, hogy mennyiben és milyen körülmények között veszélyezteti az a talaj morzsalékos szerkezetét.

Ha kiszáradt, tömött szerkezetű, tehát rideg anyag módjára viselkedő talajt vizsgálunk, éppen annak rideg voltából következik, hogy ennél bármiféle maradó deformáció csakis a kohézió megszűntetése árán lehetséges. Ez viszont a gördülő kerék esetében azt jelenti, hogy ha a kerék kiszáradt, tömődött szántótalajon egyáltalában látható nyomot hagy, akkor ez csak úgy lehetséges, ha legalább a benyomódás mélységéig szét is rombolja a szemcsék közötti kohéziót, azaz porosít.

Morzsalékos vagy szemcsés talajállapot esetében a gördülő kerék a vele érintkező talajrészecskéket elvileg magával viheti anélkül, hogy megmozgatásukkor kohéziót kellene legyőzni, azaz anélkül, hogy feltétlenül szerkezetrombolás következne be. De ez esetben a kerék alsó szakaszán még előállhat az, hogy a talajmorzsák a rájuk nehezedő nagy nyomást nem bírják el és szétroppannak. Ez azonban szilárdabb szerkezetű morzsák esetén nem feltétlenül következik be. A légtömölős gumiabroncs, annak révén, hogy sokkal kisebb felületi nyomást gyakorol a talajra, ilyen szempontból is lényegesen kedvezőbb a vasabroncsnál.

A talajmorzsáknak egymáson való elmozdulása közben is bekövetkezhet porlódás.

Abban a zónában pedig, ahol a keréktalp és a talaj között már csúszások is lépnek fel, a csúszásoknál előálló koptatóhatás okozhat szerkezetrombolást, porosítást.

A nedves, képlékeny anyag módjára viselkedő talajon a talajba mélyedő kerék gyúróhatása hoz létre nem kívánatos, túlzottan tömör talajállapotot, aminek következtében kiszáradáskor nehezen szétaprózható rögök képződhetnek, ha a kiszáradt talajt megszántják.

Az előadottak a szántóföldön gördülő kerekek és a szántóföld talajának gördülés közben egymásra gyakorolt hatását újabb megállapításokkal egészítik ki, amelyek — ha a kísérleti úton még kivizsgálendő összefüggések is tisztázást

nyernek — remélhetőleg alkalmasak lesznek arra, hogy a szántóföldön mozgó gépek és járművek kerekeinek, nemkülönben a talajművelésre szolgáló hengereknek geometriai méretezését és kialakítását az eddiginél biztosabb alapokra fektessék.

### Összefoglalás :

Merev keréknek maradó deformációt szenvedő, lágy szántótalajon végbemenő gördülésével kapcsolatosan az alábbi megállapítások tehetők :

Az eddig általában kizárólagosan figyelembevett talajtömörítésen kívül egyéb tényezők is befolyásolják a gördülési ellenállást és pedig :

1. *A kerék előrehaladási sebessége.* Az ebből származó ellenállásnövekedés a megmozgatott talaj tömegével egyenes arányban, míg a sebességnek köbével és a besüllyedéshez tartozó központi szög szinuszának ugyancsak köbével arányosan változik ; tehát lazább talajokon a szántóföldi művelésnél alkalmazott nagyobb sebességi fokozatok mellett már számottevő lehet.

2. Ha a kerék talajjal érintkező ívéhez tartozó központi szög eléri, vagy meghaladja a talaj és kerék közötti súrlódási szög kétszeresét, a talajellenállás hirtelen megnövekszik, mert :

a) a kerék és a vele érintkező talajrészek között az említett határszögnél feljebb fekvő szakaszon elcsúszások keletkeznek és ennek következtében surlódás áll elő, ami a kerékre fékezőleg hat ;

b) a kerék az említett szakaszon időegység alatt nagyobb földtömeget hoz mozgásba, mint amennyit egyidejűleg maga alá tud gyűrni, ennek következtében a többlet feltorlódik a kerék előtt, azaz a kerék »túrni« kezd; ennek folytán

a) a súrlódási munkának további növekedése áll elő ;

β) feleslegesen megnövekszik a kerék által mozgatott földtömeg, ami szintén erőt igényel ;

γ) a kerék előtt feltorlódott föld a tömörítési munkát is megnöveli, mert közelítőleg úgy hat, mintha a kerék a tényleges nyomnál a feltorlódás mértékével mélyebben süllyedne a talajba.

δ) végül a feltorlasztott földtömeg emelése szintén munkával jár, azaz ez is hozzájárul a vonóerő megnöveléséhez.

3. A kerékabroncs anyaga is hatással lehet a gördülési ellenállásra, amennyiben nagyobb súrlódási tényező esetén kevésbé állhat elő »túrás«. Légtömölös gumiabroncs — különösen laza homokon — ilyen vonatkozásában is lényegesen kedvezőbb a vasabroncsnál.

4. Olyan talajállapotnál, amikor a talaj szemcséi között kohézió van, a talaj egy bizonyos szárazsági állapotán túl, amikor az rideg anyag módjára viselkedik, terhelés alatt gördülő kerék legalább a keréknyom mélységéig szétrombolja a talajszerkezetet, azaz porosít. A porosítás — egyébként azonos körülmények között — a kerék méreteitől függ.

## IRODALOM

1. *O. Reynolds* : On rolling-friction. Philosophical Transactions of the Royal Society of London. 1876.
2. *R. Bernstein* : Probleme einer experimentellen Motorflugmechanik. Der Motorwagen. 1913.
3. *M. Boelter* : Untersuchungen über Fahrwiderstände von Ackerwagen. Die Technik in der Landwirtschaft. 1928.
4. *H. Meyer* : Untersuchungen der Fahrwiderstände von Ackergeräten. Die Technik in der Landwirtschaft. 1932.
5. *H. Meyer und J. Lengsfeld* : Untersuchungen der Fahrwiderstände von neuen Laufwerken für Ackervagen. Die Technik in der Landwirtschaft. 1932.
6. *W. Schirmer* : Fahrwiderstandmessungen an Ackerwagen. Die Technik in der Landwirtschaft. 1932.
7. *M. L. Nichols and I. F. Reed* : Soil dynamics. Agricultural Engineering 1934.
8. *E. G. Mc. Kibben* : Some kinematic and dynamic studies of rigid transport wheels for agricultural equipment. Iowa state agricultural experiment station, research bulletin 231, — 1938.
9. *M. H. Letosnyev* : Kolesznije povozki i ih gruzopodjomnoszty. 1936.
10. *V. P. Gorjacskin* : Zemlegyelcseszakaja mehanyika, Tyeorija kolesz. Szobrannije szocsi-nenija. 1937.
11. *N. P. Rajevszkij* : Koleszi szelyszkoho zajsztvennih masin. 1937.
12. *V. A. Zseligoszkij* : Nyekotorije elementi tyeorii sz. h. masin. O koleszah. Szpravochnyik inzsenyeramehanyika szocialiszticeszkovo. 1937.
13. *P. M. Vasziljenko* : Do tyeorii kotkivaja ornogo saru grunti. Praci Kievszkovo o. G. Insztituta 1947.
14. *P. M. Vasziljenko* : K tyeorii kacsenija kolesza szo szlehom. Szelhozmasina. 1950.



# A TERMELÉS NÉHÁNY IDŐSZERŰ KÉRDÉSE MARXISTA MEGVILÁGÍTÁSBAN

BÍRÓ FERENC lev. tag

Akadémiai székfoglaló, 1951. január 25.

A szocializmus építése, az ötéves terv megvalósítása mind nagyobb és bonyolultabb feladatokat állít a termelésben dolgozó vezetők elé. Igen gyakran a dolgok külső és felületes optikája olyan képet nyújt, mintha a termelés konkrét vezetése útján hatalmas, majdnem áthidalhatatlan nehézségek merülnének fel.

Természetes, hogy a szocializmus építése, a termelés gyorsírájú növekedésének azelőtt sohasem tapasztalt üteme, s a termelésen belüli tervgazdaság jelenleg még nem kielégítő mivolta igen komoly nehézségeket jelentenek. Azonban ezen nehézségek túlnyomó többsége onnan ered, hogy mi még nem eléggé sajátítottuk el a szocialista termelés vezetésének bonyolult művészetét. Tehát ezek a nehézségek átmeneti jellegűek és a gyorsütemű növekedés egészséges tünetei. Azonban bennünket nem nyugtathat meg az a tény, hogy a termelésben jelentkező igen komoly nehézségek átmeneti jellegűek, s talán majd azok maguktól meg is fognak szűnni, amikor a vállalatok, az üzemek vezetői hosszú évek során tapasztalatokban meggazdagodva képesek lesznek megbirkózni az előttük tornyosuló nehézségekkel.

A mi feladatunk az, hogy a szocialista nemzetgazdasági terveink megvalósításának ütemét gyorsítva, minimálisra szűkítsük le időben, térben, mennyiségben és minőségben a szocialista termelés gyermekbetegségeit.

Pártunk és kormányunk komoly erőfeszítéseket tesz és különböző intézkedéseket fogyanatosít a tervgazdaság minőségének állandó javítására, a káderek biztosítására, a szükséges anyagi eszközök előteremtésére, azonban mindez nem zárja ki azt, hogy a Tudományos Akadémia és különösen a műszaki szakosztályok minden erejükkel, képességükkel vegyék ki a részüket a szocialista termelés üzemvezetési tudományának megalkotásában.

Az első lépés ezen az úton, felmérni a mi lemaradottságunkat a marxizmus-leninizmus világszemlélete terén és odahatni, hogy ezt a lemaradást mielőbb felszámoljuk.

Azt hiszem, hogy egyeseknek nem egészen érthető, hogyan kapcsolódik össze az üzemvezetés időszerű problémája a marxizmussal.

Pedig a Magyar Tudományos Akadémia nemrég lezajlott »Nagyhete« ékes bizonyítékát adta annak, hogy a nyugati polgári tudomány minden területén milyen komoly válságot váltott ki a politikai reakció, a tudósok politikai és világnézeti lemaradottsága az idealizmus következtében. Itt ismét felvethetik

a kételkedők, hogy először is mi nem vagyunk »nyugaton«, másodsorban pedig az említett válság elsősorban a természettudomány ágazatait érinti és legkevésbé a műszakiakat és azon belül az üzemvezetés tudományát — amennyiben ilyen tudományról általában beszélhetünk — a jelenlegi tőkés társadalmi rendszerben.

Ha a politikai felkészületlenség komoly fékező hatást képes gyakorolni, sőt mi több, válságot képes előidézni a természettudományok területein, úgy a műszaki tudományok terén, ahol közvetlen termelési folyamatokról van szó, ahol az élő emberek sokaságának a termelési eszközökhöz való specifikus viszonyáról, a termelésben tanúsított magatartásukról, s ezeknek megfelelő műszaki és szervezeti megoldásáról van szó, ott minden bizonnyal a politikai felkészültség nem kisebb, hanem valószínűleg nagyobb szerepet játszik, mint a természettudományok terén.

Térjünk azonban vissza a tárgyhoz.

Ha a különböző társadalmi rendszereket komolyabb vizsgálat alá vesszük, úgy megállapíthatjuk, hogy azok nemcsak politikai, társadalmi és gazdasági felépítésük szerint különböznek egymástól, hanem sajátos termelési rendszerük szerint is.

Minden egyes társadalmi rendszerben külön-külön :

- a) specifikus termelési viszonyokat találunk, illetve a társadalom tagjainak specifikus viszonyát a termelési eszközökhöz,
- b) specifikus termelési szervezet keretén belül folyik a termelés,
- c) sajátos technika alkalmazásával folyik a termelés.

»A munkaeszközök használata és megteremtése — mondja Marx — ámbár csírájában már bizonyos állatfajoknál is megvan, jellemzi a sajátos emberi munkafolyamatot és Franklin ezért az embert, mint »a toolmaking animal«-t, mint szerszámkészítő állatot határozza meg.

A munkaeszközök maradványai ép oly fontosak letűnt társadalmi-gazdasági alakzatok megítélése tekintetében, mint a csontleletek felépítése kihalt állatfajok szervezetének megismerése szempontjából. A gazdasági korszakokat nem az különbözteti meg, hogy mit, hanem hogyan, milyen munkaeszközökkel termelnek . . . A munkaeszközök nemcsak az emberi munkaerő fejlettségének fokmérői, hanem azt is megmutatják, hogy milyen társadalmi viszonyok között megy végbe a termelés« (K. Marx : A tőke. 1. köt. 1935. 121. l.)

. . . »Azok a termelő- és közlekedési eszközök, amelyek alapján a burzsoázia kialakult, a hűbéri társadalomban jöttek létre. E termelő- és közlekedési eszközök fejlődésének bizonyos fokán a hűbéri társadalom termelési és csereviszonyai a földművelés és kézműipar feudális szervezete, szóval a feudális tulajdonviszonyok nem felelnek meg a már kifejlett termelő erőknek. Gátolták a termelést ahelyett, hogy előmozdították volna. Megannyi bilincssé váltak. Szét kellett zúzni, szét is zúzták őket«. (Marx és Engels : »A Kommunista Párt Kiáltványa«, Válogatott Művek, 15—16. l.)

Az iménti idézetekből többi között azt a következtetést vonhatjuk le, hogy az osztálytársadalomban az osztályok harca nemcsak politikai és szociális célkitűzésekért folyik, hanem azokkal együtt, illetve objektíve azoktól elválaszthatatlanul a társadalmi termelés kiszélesítéséért, a termelőeszközök fejlesztési lehetőségeiért, az új magasabbrendű termelési viszonyok létrehozásáért.

A megváltozott, a tökéletesebb termelési eszközök és módszerek erősen kiszélesítették a termelés méreteit, lehetővé vált a célszerű munkamegosztás, melynek következtében szükségessé vált új termelési viszonyok kialakulása. *Az új termelési viszonyok csak a régi társadalmi rendszer megdöntésével jöhetnek létre* és fejlődhetnek ki — alapul szolgálva az új társadalmi rendszer gazdasági felépülésének — és meghatározták az új rendszer politikai és szociális intézményeit, valamint erkölcsi, etikai s egyéb normáit.

Marx »Adalékok a politikai gazdaságtan bírálatához« című munkájának előszavában a következőképpen fogalmazta meg a termelő erők fejlődésének kihatását az emberi társadalomra és annak történetére.

»Életük társadalmi termelésében az emberek meghatározott, szükség-szerű, saját akaratuktól független viszonyokba, termelő viszonyokba lépnek egymással, melyek anyagi termelő erők meghatározott fejlődési fokának felelnek meg. E termelőviszonyok összessége alkotja a társadalom gazdaságszerkezetét, azt a reális alapot, melyen a jogi és politikai felépítmény emelkedik s amelynek a társadalmi tudat meghatározott formái felelnek meg. Az anyagi élet termelőmódja határozza meg általában az élet társadalmi, politikai és szellemi életfolyamatát. Nem az emberek tudata határozza meg létüket, hanem megfordítva : társadalmi létük határozza meg tudatukat. A társadalom anyagi termelő erői fejlődésük bizonyos fokán ellentétbe kerülnek a meglévő termelési viszonyokkal vagy ami ezeknek csak jogi kifejezése, a tulajdonviszonyokkal, melyek között eddig fejlődtek. Ezek a viszonyok a termelő erők fejlődési formáiból a termelő erők béklyóivá változnak át. Ekkor a társadalmi forradalom kora következik be. A gazdasági alap megváltozásával az egész óriási felépítmény lassabban vagy gyorsabban átalakul. Az ilyen átalakulások vizsgálatánál mindig különbséget kell tennünk a termelés gazdasági feltételeinek anyagi, természettudományos pontossággal megállapítható átalakulása és ama jogi, politikai, vallási, művészi vagy filozófiai, röviden szólva : ideológiai formák között, melyekben ez az össze-ütközés az emberek számára tudatossá válik s amelyekben az emberek azt megvívják. Amint az egyes embert nem aszerint ítéljük meg, ahogyan önmagáról vélekedik, éppúgy az ilyen átalakulási korszakot sem lehet saját tudatából megítélni, hanem ellenkezőleg, ezt a tudatot kell az anyagi élet ellentmondásaiból, a társadalmi termelő erők és termelési viszonyok közötti összeütközésekből megmagyarázni... Nagy vonásokban az ázsiai, antik, feudális és modern polgári termelőmódok jelölhetők meg a gazdasági társadalmi alakulat haladó korszakaiként.«

Ha ezeket az elvont és általános megállapításokat visszavonatkoztatjuk a mi jelenlegi adott helyzetünkre, vagyis a szocializmust építő népi demokratikus Magyarországra, akkor a helyesen levont tanulságok alapul szolgálhatnak a termelési műszaki politikánknak.

Jelenlegi viszonyaink között határozottan leszögezhetjük, hogy a régitől homlokegyenesen ellenkező új termelési viszonyok alapján folyik a termelés, a termelési eszközök a dolgozók (ipar, közlekedés stb.) államának a birtokában vannak, illetve az egész dolgozó nép tulajdonát képezik.

Az előbbi megállapításból logikusan következik, hogy az új szocialista termelési viszonyoknak nem felelhet meg a régi társadalmi rendszerben kialakult, a kizsákmányolásra épített termelési szervezet.

A termelés szervezetének, mint a társadalmi rendszer egyik legdöntőbb tényezőjének, teljes harmóniában kell lennie a termelési viszonyokkal, illetve magával az új társadalmi rendszerrel.

Ugyanakkor határozottan megállapíthatjuk és kategórikusan leszögezhetjük azt is, hogy amennyiben megváltoztak a termelési viszonyok, melynek következtében új, minőségileg más természetű termelési szervezetek vannak kialakulóban, úgy az előbbi két tényező kihatása nyomán a termelési eszközöknek és módszereknek is gyökeresen meg kell változniuk.

Nyilvánvalóan bizonyítják a fentemlítetteket Marx következő szavai: »A társadalmi viszonyok szoros összefüggésben vannak a termelő erőkkel. Új termelő erőkre téve szert, az emberek megváltoztatják termelési módjukat, a termelési mód megváltoztatásával, életfenntartásuk módjának megváltoztatásával viszont — megváltoztatják összes társadalmi viszonyaikat. A kézimalomnak megfelel a feudális úr társadalma, a gőzmalomnak az ipari kapitalista társadalom (K. Marx és F. Engels Művei V. köt. 364. l.).

Mit jelentenek már most tisztán gyakorlati, termelési problémák szempontjaiból az előbbiekből meghatározott tételek?

A felelet a feltett kérdésre csak egy lehet és pedig az, hogy miután az ipari termelésben már kialakultak az új, szocialista termelési viszonyok, minden erővel oda kell hatni, hogy a szocialista termelési viszonyoknak megfelelően minél előbb kialakuljanak, megerősödjenek az új, szocialista ipari, üzemi termelési szervezetek, és bátran irányt venni az új, szocialista technika létrehozására.

Azonban a helyes megoldást megtalálni — amint azt a gyakorlat bizonyítja — nem is olyan könnyű feladat. Miért? Azért, mert az új társadalmi rendszernek megfelelő termelési eszközök, a termelés módszerei, a termelés szerkezete már részben kialakultak a régi társadalom keretei között. Éppen az újonnan kialakult termelő erők és az elmaradt, a fejlődést gátló termelési viszonyok közötti ellentét a társadalmi fejlődés egyik legerősebben ható forradalmi tényezője.



A történelmi materializmus szemüvegén keresztül vizsgálva, azonban nemcsak megtudtuk határozni a döntő láncszemet a termelés sokrétű problémái között, hanem azokat a módszereket is, amelyekkel leggyorsabban meg is tudjuk oldani az előttünk álló kérdéseket.

Az új, szocialista üzemi termelési szervezetek kialakításának és az új szocialista technika létrehozásának legalább is két járható útja van. Az egyik az, hogy a saját tapasztalatunkra alapozva, empirikus úton sok-sok kísérlet után kialakul majd végre a helyes, racionális, a szocializmus építésének megfelelő termelési üzemi szervezet, ennek következtében kezd kialakulni majd az új szocialista technika hazánkban.

Ezen az úton sok gyakorlati tapasztalatot lehet szerezni afelől, hogy mit hogyan nem szabad és hogyan kell csinálni, ezek a gyakorlati tapasztalatok igen drágák, úgy anyagiakban, mint időben. Márpedig különösen az idő nagyon drága, nem szólva arról, hogy az idő elválaszthatatlan az emberek tevékenységétől — pedig Sztálin elvtárs tanítása szerint a szocializmusban az ember a legrágább tőke.

Tehát az ilyen úgynevezett »autodidakta« út háromszorosan drága. Melyik a másik út?

A másik, a helyes út önmagától adódik akkor, ha mi Sztálin elvtársnak a történelmi materializmusról szóló tanításának abból a tételéből indulunk ki, hogy . . . »Először megváltoznak és fejlődnek a társadalom termelő erői és csak azután, ezektől a változásoktól függően és azoknak megfelelően változnak az emberek termelési viszonyai, gazdasági viszonyai. *Ez azonban nem jelenti azt, hogy a termelési viszonyok nem hatnak ki a termelő erők fejlődésére és hogy az utóbbiak nem függenek az előbbiektől.*

A termelési viszonyok fejlődése a termelő erők fejlődésétől függ ugyan, *de a termelési viszonyok a maguk részéről befolyással vannak a termelő erők fejlődésére, gyorsítják, vagy lassítják azt.*» (Sztálin : A dialektikus és a történelmi materializmusról. SZK(b)P története, 131. l.)

Tehát körül kell nézni és megtalálni azt az országot, azt a társadalmi rendszert, ahol manapság a termelési viszonyok gyorsítják, növelik a termelő erők fejlődését. Ezt az országot, ezt a társadalmi rendszert nem nehéz megtalálni. Ez az ország elsősorban a hatalmas Szovjetunió, ez a társadalmi rendszer a szovjet nép győzelmes szocialista társadalmi rendszere. Tehát mind szélesebben és mind mélyebben kell tanulmányozni a szovjet nép üzemvezetési, üzemszervezési gyakorlatát, a szovjet technikát, mind szélesebb mértékben és bátran kell a nagyszerű szovjet műszaki tapasztalatokat átültetni a mi népi demokratikus népgazdaságunk talajába. Amilyen mértékben tudjuk megközelíteni a szovjet nép jelenlegi műszaki színvonalát, amilyen mértékben el tudjuk sajátítani a szovjet üzemvezetés stílusát, amilyen mértékben a szovjet dolgozókhoz hasonlóan képesek leszünk megnyergelni a korszerű technikát, olyan mértékben

fognak növekedni hazánk termelő erői és népünk jóléte és ezzel együtt erősödni hazánk önállósága és függetlensége. Ezen az egyetlen helyes úton kell járnunk, már azért is, mert a leggazdaságosabb út is egyúttal, hiszen nem titok senki előtt, hogy a nagy szovjet nép milyen szeretettel, önzetlenséggel és felbecsülhetetlen támogatásával segíti elő a mi szocialista építkezésünket.

Nem lesz felesleges szembeállítani a hajdani fiatal kapitalista államokat a jelenlegi Szovjetunióval. A történelem tapasztalatai dús bizonyítékát adják annak, hogy bármely országban, amint hatalomra került a polgárság, rögtön első perctől fogva külpolitikai viszonylatban elnyomni, kizsákmányolni, gyarmatosítani törekedett más idegen országot és népeket. Mindent megtett és semmitől sem riadt vissza, hogy a többi országok gazdasági és politikai fejlődését meggátolja és mindig a belső reakciót, az elmaradottság erőit támogatja. Így volt ez a »liberális« Angliában, a »művelt nyugati« Franciaországban, nem beszélve a »szabad« Amerikai Egyesült Államokról és a többi polgári államokról.

Ezzel szemben a fiatal Szovjet köztársaság az első lehetétől fogva megszakítás nélkül hatalmas segítséget nyújtott és nyújt az emberi haladás erőinek, az új demokratikus államoknak önzetlenül, igen gyakran meglehetősen erőfeszítések közepette. Ez nem véletlen, ez a szocialista ország, a szocialista társadalmi rendszer természetéből szervesen fakad.

Ez a tény mégegyszer, mégjobban aláhúzza a termelés aktuális kérdéseit illetőleg, mint sok más egyéb vonatkozásban, hogy bátran kell fordulnunk Szovjetunió felé.

Mégis, dacára annak, hogy a kérdés igen világos, tapasztalhatjuk sajnos túlságosan gyakran, hogy egyes vezetők görcsösen ragaszkodnak az üzemvezetés régi szervezetéhez, a multban megszokott módszerekhez. Ezekben az üzemekben a tervteljesítés állandóan lemarad, a termelés bukdácsolva, vontatottan halad előre, állandósult a hóvégi sturmolás és általában a munkatermelékenység igen alacsony szinten mozog. Az üzemvezetés nagyszámú hivatalnok és kiegészítő személyzet beállításával próbálkozik úrrá lenni a helyzeten, azonban az elvárt eredmény nem jelentkezik.

Hol van a hiba? Minden tárgyi adottság rendelkezésre áll: termelési eszközök, szükséges anyagok, munkaerő és mindennek dacára a tervteljesítés hónapról-hónapra lemarad.

Itt a hibát elsősorban a vállalatvezetés, a műszaki vezetés politikai képzetlenségében kell keresni. A legtöbb esetben ezek a vezetők görcsösen ragaszkodnak a régi, a megszokott, az általuk már régen ismert szervezeti módszerekhez, hiszen, úgymond, azelőtt ugyanezzel a szervezettel a kapitalisták nagy sikert értek el. Ezek a gazdasági és műszaki vezetők (sajnos nem csekély a számuk) nem veszik észre, hogy hazánkban gyökeresen megváltoztak a termelési viszonyok és a jelenlegi új szocialista termelési viszonyoknak nem felel meg többé a régi, a felszabadulás előtti termelési szerkezet.

Vizsgáljuk meg közelebbről a tőkés és szocialista üzemvezetés jellegzetességét.

A tőkés gazdaság anarchikus mivolta, az állandó bizonytalanság és a kérlelhetetlen konkurencia az üzemek döntő többségében a vezetés apparátusát jóval a minimálisan szükséges alá szorítja.

A vezetőszervekben dolgozó beosztottak törekednek kiérdemelni a tőkés igazgatóság kegyeit (hogy a legközelebbi dekonjunktura esetén ne bocsássák el őket), erős nyomást gyakorolnak a termelési műveleteket közvetlenül végrehajtó fizikai munkásokra és így a tőkés gyárokban belül állandó feszült viszony áll fenn a fizikai dolgozók és az üzemvezetés apparátusa között.

Ennek a helyzetnek megfelelően a tőkés üzemekben az igazgatóság, a beosztott hiyatalnokok és a fizikai dolgozók között létrejött szakadékokat a kilátástalanság, a munkanélküliség, az éhség réme csinálta fegyelemre épített szervezet van hivatva áthidalni.

Így alakult ki a tipikus tőkés üzemvezetés szervezete, amely a gazdasági és műszaki vezetést majdnem teljesen a központi, illetve igazgatói szervekben összpontosította, legtöbb esetben elhomályosítva, elmosva az egyes vezető funkciók határvonalait. Pl. az úgynevezett műszaki osztályok magukba foglalták az egész műszaki vezetést, mindennel foglalkoztak úgy-ahogy.

Ez a központi műszaki osztály magában foglalta igen gyakran a szerkesztést, a gyártásműveletek tervezését (vázlatosan), az időelemzést, legtöbb esetben a műszaki ellenőrzést, műszaki előkalkulációt stb.

Természetes, hogy a műszaki vezetés ágazatainak ilyen sokaságát egy osztályon belül nem lehetett sohasem megfelelően összefogni, amelynek következtében a központi műszaki vezetés, illetve a műszaki igazgatás csak nagyjában és egészében volt képes biztosítani az üzemek műszaki feladatainak intézését. Innen adatott az a paradoxális helyzet, hogy a központi szervek merev direktív utasításai mellett, illetve azok dacára a termelési folyamatok és műveletek konkrét végrehajtásának tervei a műhelyekben születtek meg spontánul az egyes mesterek vagy szakmunkások elgondolásai alapján. Természetes, hogy az ilyenfajta ad hoc művelet tervezés mindig a legkisebb nyomás vonalán mozgott, teljesen tervszerűtlenül és legtöbb esetben nélkülözve a modern technika vívmányainak alkalmazását.

Olyan műszaki osztályok, mint tervgazdasági, munkaerőgazdálkodás, szabvány stb. egyáltalán nem voltak ismeretesek. Ezen osztályok funkciói egészen kezdetlegesen és provizórikusan időről-időre a központi műszaki osztályon belül hol itt, hol ott lettek érintve, de soha sem lettek megfelelő komolysággal és súllyal kezelve.

Ez nem véletlen volt, a tőkésék nem találták meg számításukat az üzemvezetés korszerű kiépítésében.

A végrehajtó üzemek, a műhelyek pedig csaknem teljesen műszaki és gazdasági vezetés nélkül álltak — oda vezetőknak úgynevezett rámenős hajcsáro-

kat alkalmaztak, akik inkább terrorizálták, mint vezették a fizikai dolgozókat.

Mint hogy a kapitalizmusban a munkaerő áru, a dolgozók, akiknek munkajárékukon kívül nincs más eladni valójuk, természetesen törekszenek drágábban értékesíteni azt, vagy legalább is a viszonyokhoz mérten kénytelenek harcot folytatni a kapitalisták féktelen kizsákmányolási szándékai ellen.

Ez áll természetesen a műszaki és adminisztratív értelmiségi dolgozókra is azzal a különbséggel, hogy az utóbbiak a termelésben elfoglalt helyzetüknél fogva sokkal inkább meg vannak fertőzve a burzsoá ideológia által, mint a fizikai dolgozók és ennek következtében sokkal kevésbé osztályöntudatosak. A műszaki és adminisztratív vezetők a kapitalista üzemekben törekszenek, úgy mond, »helyettesíthetetlenek« tenni magukat, amennyire csak lehet, kevesebbet kiadni a tudásukból, amennyire lehet monopolizálni a szaktudást, elzárkózni lehetőleg a tapasztalatátadástól úgy felfelé, mint lefelé és ilyképpen biztosítani maguknak egy bizonyos pozíciót. Nem beszélve arról, hogy ezen rétegekben állandóan »mindenki mindenki ellen« harcol a kapitalizmus vastörvényének megfelelően.

Ez a helyzet magával hozta azt, hogy a kapitalista üzemből nem igen jó szemmel nézték, ha valaki — legyen az beosztott hivatalnok, vagy fizikai dolgozó — a saját személyes kezdeményezése alapján nyújtott be bizonyos észszerűsítési javaslatot. Sőt nyugodtan állapíthatjuk meg, hogy a kezdeményezők túlnyomó többsége igen póruljárt, magára vonta a felettesek haragját, akik féltették a saját pozíciójukat, akik konkurrenst láttak az ilyen kezdeményezőkben és lehetőleg törekedtek túladni rajtuk.

Tehát látjuk, hogy a kapitalista üzem állandóan szüntelenül a legkülönbözőbb és késhegyig menő ellentétek színhelye, hogy a kapitalista üzemből megállás nélkül forr az osztályharc.

Ennek a helyzetnek megfelelően a kapitalista üzemvezetés jellegzetes elemei — az igazgatóság merev direktív utasításai lefelé — az erőszakra, basáskodásra, hajcsárságra alapozott műhelyvezetés — a fizikai dolgozók passzív, érdektelen beállítottsága a termelés eredményessége iránt, amely állandó — hol lappangó, hol kitörő — ellenséges magatartást szül az egész rendszer ellen.

Tehát a kapitalista üzem magában hordja a tőkés társadalom legdöntőbb, ki nem békíthető ellentéteit s ennek a ténynek megfelelően az üzemvezetés egyik legfontosabb funkciója: ezen ellentétek kordában tartása.

Természetes, hogy a tőkés termelési viszonyokra szabott üzemvezetés, üzemi szervezet nem felelhet meg a jelenlegi viszonyainknak.

Ma már nem lehet merev utasításokkal diktálni az igazgatóságtól lefelé. Ma már nem lehet basáskodással és hajcsárgodással műhelyt vezetni. Viszont ma már a fizikai dolgozók nem ellenségesen, mint külső kényszerhez viszonyulnak a termeléshez, hanem ellenkezőleg, mint benső szükségletük kielégítéséhez, mint saját tulajdon ügyükhöz.

Melyek mármost a szocialista üzemvezetésnek jellegzetes vonásai, amelyek döntő módon meghatározzák a szocialista üzemvezetés szervezeteinek alapját, a szocialista üzemvezetés módszereit, stílusát és az új szocialista technika kialakulásának lehetőségeit.

A szocialista üzemvezetés jellegzetes vonásai a szocialista társadalmi rendszer természetéből fakadnak. Először is a megváltozott, a szocialista termelési viszonyokból és a tervgazdaság létéből.

A szocialista üzemvezetés szervezetét, módszereit, stílusát és a szocialista technika kialakulásának lehetőségeit megszabja a központosított tervgazdaság szigorú tervdirektívája és a terv keretén belüli maximális kezdeményezési lehetőségek dialektikus egysége. Itt formailag és külsőleg két egymással ellentétes jelenséggel állunk szemben. Egyrésztől központosított szigorú tervutasítások, másrésztől maximális kezdeményezési lehetőségek a terv megvalósításának érdekében.

»Ami terveink — mondja Sztálin elvtárs — nem prognózis tervek, nem sejtelmeken alapuló tervek, hanem direktíva tervek, amelyek kötelezőek az összes vezetőszervek számára és amelyek meghatározzák a gazdasági fejlődés irányát a jövőt illetően az ország teljes egészének méreteiben«. (Sztálin: K. B. Politikai beszámolója a SZUK/b/P. XIV. kongresszusán.)

Továbbá Sztálin elvtárs a következőkben jellemzi a szocialista gazdasági tervet: »Ostobaság volna azt gondolni, hogy a termelési terv nem egyéb, mint a számok és a feladatok felsorolása. A valóságban a termelési terv az emberek millióinak eleven és gyakorlati tevékenysége. A termelési tervünk realitása — a dolgozók milliói, akik új életet alkotnak. A programmunk realitása, az eleven emberek, mi mindannyian, a mi munkaakaratumk, a készségünk arra, hogy új módra dolgozzunk, eltökéltségünk arra, hogy ezt a tervet teljesítsük«. (Sztálin: Új helyzet, új feladatok a gazdasági építómunkában. A leninizmus kérdései 367. l.)

Tehát a tervszerűség és maximális kezdeményezési lehetőség lényegében egy és ugyanazon jelenségnek, a szocialista gazdaságnak egymással szemben álló, de nem ellentétes, hanem egymással szoros és elválaszthatatlan, belső kapcsolatban lévő kategóriái. Itt lényegében a szocialista társadalmi rendszer gazdaságának két döntőfontosságú, külsőleg és formailag szemben álló megnyilvánulásának dialektikus egységéről van szó, amely egyúttal a szocializmus gazdasági fejlődésének egyik legfontosabb tényezője — leghatásosabb motorja.

Utalok röviden a munkaverseny és az újtómozgalomra, a dolgozó tömegek ellenterveire.

A fentemlítettek közül mármost azt a következtetést kell levonnunk, hogy a szocialista üzem szervezetének olyannak kell lennie, amely a legmesszebbmenően biztosítja a tervszerű központi vezetés és a helyi kezdeményezés kifejlesztésének lehetőségeit. Ennek a feladatnak megfelelően a szocialista üzemekben a vezetés nem merülhet ki a direktív utasítások lefelé való kibocsátásával,

hanem a direktívák és kollektív módszerek helyes arányú összhangjából, valamint a direktívák és határozatok végrehajtásából szigorú és állandó ellenőrzésnek összességét kell képeznie.

»Be kell szüntetni a papíron való vezetést és át kell térni a valóságos, az ügy érdemét néző bolsevik munkára . . .«

». . . Ehez továbbá az kell, hogy az ipari csoportok elnökei és azok helyettesei minél gyakrabban utazzanak ki a gyárakba, minél tovább maradjanak és dolgozzanak ott a gyárakban, minél alaposabban ismerkedjenek meg a gyárban dolgozó elvtársakkal és ne csak tanítsák a helyi embereket, hanem tanuljanak is tőlük. Aki azt hiszi, hogy ma lehet vezetni az irodából, távol a gyáraktól, a hivatalban — az téved. Ahoz, hogy a gyárakat vezethessük, minél gyakrabban kell érintkezni az üzemekben dolgozó elvtársakkal, eleven kapcsolatot kell velük fenntartanunk.« (Sztálin: Új helyzet, új feladatok a gazdasági építőmunkában. A leninizmus kérdései 367. l.)

Én azt hiszem, hogy Sztálin elvtárs e tanítása az ipari, a gyárak vezetését illetőleg teljes egészében aktuális a mi jelenlegi helyzetünkben is.

A szocialista építkezés, a szocialista üzemvezetés egy másik döntőfontosságú eleme a vezetők személyes felelőssége a rájuk bízott feladatokért.

A vezetőknek ez a személyes felelőssége egészen más, mint a tőkésrendszer termelési apparátusában, üzemében fellelhető. Először is a szocialista termelésben a vezetők felelőssége sokkal nagyobb, mert ők nem egyes tőkésék, avagy tőkés csoportok érdekében dolgoznak, tehát nemcsak egyes tőkésék, avagy azok valamelyes csoportja, illetve azok képviselői előtt felelősek.

A szocialista rendszerben a tervgazdaság folytán minden egyes vezetőknek a munkája kihat bizonyos mértékben az egész népgazdaságra, tehát a felelősség kérdése sokkal nagyobb súllyal, sokkal fontosabban vetődik fel, mint a tőkés társadalmi rendszerben. A tőkés társadalmi rendszerben a termelésen belül a vezetők konkrét személyes felelőssége jelentékenyen elmosódik a bürokrácia, berkeiben, a korrupció posványában, a beosztottak érdektelenségén a termelés eredményét illetőleg.

Továbbá a tőkésék mindinkább parazitikus, tisztán élősdire szoruló szerepe a kapitalizmus imperialista fázisában, amikor a tőkés túlnyomó többsége tulajdonképpen nem is vesz részt a gyárak és üzemek közvetlen vezetésében és irányításában és így a gyárak és üzemek közvetlen vezetése az úgynevezett specialisták rétegére van rábízva, akik a kapitalizmus vastörvényeinek következtében nem utolsó sorban a saját érdekeiket tartják szem előtt. Ilyképpen a tőkésrendszerben a termelésben a vezetők személyes felelőssége meglehetősen szétfoszlik és ennek megfelelően az üzemvezetés olyan szervezete alakult ki, ahol az egyes központi osztályok magukba foglalják az egész sor funkció intézését, melynek következtében az egyes funkciók rendszertelenül összefonódnak, a határvonalaik elmosódnak s ilyen viszonyok között a vezetők személyes

felelőssége kérdésének még a feltevése is igen bonyolulttá válik. Továbbá nem lesz felesleges megemlíteni azt is, hogy a tőkés társadalmi rendszerben az üzemek, a gyárak vezetőinek felelősségrevonása csakis felülről lefelé lehetséges, ott teljesen ismeretlen fogalom a dolgozó tömegek által gyakorolt, alulról jövő ellenőrzés és felelősségrevonás — amely a szocialista társadalmi rendszer életbevágó fontos eleme, amit mi röviden bírálóknak és önbíráknak nevezünk.

A vezetők személyes felelőssége a szocialista termelésben szervesen adódik a szocialista társadalmi rendszer természetéből.

Ennek a fontos problémának a megoldása nem valami kampányszerű akció levezetésében nyer kifejezést, hanem állandó, meg nem szűnő, rendszeres munkában, amely egyrészt a termelés szervezeteinek helyes kialakításában, másrészt a vezetők politikai és szakképzettségüknek a feladataiknak megfelelő színvonalra való felfejlesztésében áll.

A termelés vezetésének konkrét gyakorlati szempontjából itt elsősorban arra kell törekedni, hogy a gyáraknak és üzemeknek olyan szervezetét kell kialakítani, ahol minden egyes osztálynak avagy üzembrésznek világosan meg van adva a feladata, a funkciója és ezek a feladatok és funkciók keretei nemcsak pontosan megvannak határolva, hanem könnyen áttekinthetők is és az egyes szervezetek tevékenysége lehető legegyszerűbb eszközökkel állandóan nyilván tartható, illetve ellenőrizhető legyen.

Legyen szabad ismét Sztálin elvtárs szavaira hivatkoznom :

»Ezek az elvtársak — mondja Sztálin elvtárs — súlyosan tévednek, ha azt hiszik, hogy a személyes felelősség hiányát ki lehet küszöbölni a gyakorlatból beszédekkel és ráolvasásokkal. Nem elvtársak, a személyes felelősség hiánya magától sohasem fog eltűnni. Csak nekünk magunknak lehet és kell azt megsemmisítenünk, mert mi vagyunk a hatalmon, mi és ti felelünk mindenért — többek között a személyes felelősség hiányáért is.

Azt hiszem, sokkal jobb lenne, ha gazdasági vezetőink ahelyett, hogy szónoklatokkal és ráolvasásokkal foglalkoznának, elülnének egy-két hónapig mondjuk a bányában vagy a gyárban, kitanulmányoznák a munkaszervezés ügyének minden részletét és »apróságát«, ott a helyszínen a valóságban semmisítenék meg a személyes felelősség hiányát és azután annak az adott üzemnek tapasztalatát átvinnék a többi üzemekbe is. Ez sokkal jobb lenne. Ez lenne az igazi harc a személyes felelősség hiánya ellen, harc a munka helyes, bolsevik megszervezéséért, harc az erők helyes elosztásáért az üzemeken belül.

Tehát : megszüntetni a személyes felelősség hiányát, megjavítani a munka megszervezését, helyesen osztani szét az erőket az üzemeken belül — ez a feladat.« (Sztálin : Új helyzet, új feladatok a gazdasági építőmunkában. A leninizmus kérdései 357. l.)

Tehát leszögezhetjük azt, hogy a vezetők személyes felelősségének a kérdése nem egy magában elszigetelt ügy, hanem a termelésvezetés megszervezésének és a vezetők megfelelő felkészültségének, biztosításának a közös problémája.

A szocialista üzemvezetés szervezetének sajátos tagozottsága nemcsak a vezetők személyes felelősségének megnövekedéséből származik, hanem szocialista társadalmi rendszer természetéből fakadó objektív szükségszerűség hozta létre.

Már az előbbieken rámutattunk arra, hogy minden társadalmi rendszernek megvan a saját magára szabott termelési szerkezete és ennek megfelelő vezetési apparátusa. Az összes eddigi létező társadalmi rendszerek termeléseinek tanulmányozásával a munkamegosztás progresszív arányú fejlődését tapasztaltuk.

Ez teljesen nyilvánvaló, elégséges egy röpke pillantást vetni az ősközösség, a rabszolgatársadalom, a feudalizmus és a tőkés társadalmi rendszer termelésére, rögtön szembetűnik a munkamegosztás gyorsíramú tagozódása, illetve fejlődése.

Ez az objektív szükségszerű fejlődés természetesen nem szűnik meg a kapitalizmus letűnésével a porondról, hanem ellenkezőleg, még gyorsabban fejlődik tovább, mert az új szocialista társadalmi rendszerben a termelő erők megszabadulnak azoktól a fékező béklyóktól, amelyekkel az imperializmus, a rothadó kapitalizmus elkerülhetetlenül az emberek akaratán kívül, természetéből adódva mind erősebben fékezi a termelési erők fejlődését.

Magától értetődik, hogy amennyiben a termelésen belül a munkamegosztás erősen megváltozik, úgy ennek megfelelően a termelés vezetésében is a munkamegosztás sokkal tagozottabbá válik. Tehát a szocialista üzemvezetés szervezeti felépítésének sokkal tagozottabbnak kell lennie, mint amilyen volt a kapitalista üzemvezetés szervezeti felépítése. Ez a jelenség természetesen általános az egész szocialista népgazdaság vezetésére, elég körültekinteni és összehasonlítani, hány minisztérium és egyéb felső országos vezető szervezet van jelenleg és mennyi volt a Horthy-rezsimben és rögtön megkapjuk a frappáns választ. Az új minisztériumokat és egyéb felső országos vezető hivatalokat nem egyszerűen kitalálták, hanem a szocialista népgazdaság tervgazdasága természetéből fakadó szükségszerűség szülte meg őket. Emellett mellesleg nem lesz felesleges megjegyezni, hogy az ország gazdasági, kulturális és szociális fejlődése pedig olyan ütemben folyik, amelyről a felszabadulás előtti időkben még álmodni sem lehetett.

A szovjet üzemekben minden fontosabb vezető funkció gyakorlására egy-egy egymástól független osztály feladata. A konkrét termelés folyamata pedig úgy van megszervezve, hogy a legkisebb üzembrészegek, csoportok is megkapják az ő saját termelési programjukat az oda vonatkozó műszaki gazdasági mutatószámokkal együtt és ennek eredményeként alakulhattak ki a szovjet üzemekben a műhelyeken belüli önálló gazdaságos elszámolási egységek.

Nálunk is irányt vettünk a szovjet üzemszervezéshez hasonló üzemvezetési szervezeti felépítés kialakítására. Vannak bizonyos eredmények is. A mi gyengeségünk ezen a fronton abból adódik, hogy a legtöbb esetben nem voltunk képesek a problémák konkrét elemzésén keresztül meghatározni a döntő láncszemeket. Mi kiépítettük formálisan az egyes osztályokat, azonban az egyes



osztályok, illetve funkciók fontosságát időben és térben nem eléggé értékeltük ki.

Ílyképpen nem voltunk képesek összpontosítani az erőket a döntő fontosságú szakaszokra.

Melyek ezek a szakaszok?

Elsősorban: a tervgazdasági, gyártástervezési (technológiai), és termelési (dispatcher) osztályok.

Az imént említett osztályok kiemelése azonban egyáltalán nem jelenti azt, hogy az üzemvezetés többi központi szervei, a személyzeti, a szerkesztési, a munkaerőgazdálkodás és bérosztály, a szerszám és készülék, az anyag és áruforgalmi, a pénzügyi és még egyéb osztályok valami másodrendű szervei az üzemvezetésnek. Erről szó sem lehet. Itt csak arról van szó, hogy a tervgazdasági, a gyártástervezési és termelési osztályok jól beágyazott munkája adja meg a lehetőséget az összes többi osztályoknak a funkciójuk rendszeres és eredményes betöltéséhez.

A nehézség itt abban a tényben gyökeredzik, hogy ez a három osztály olyan mértékben, mint ahogy a szocialista üzemből feltétlenül szükséges, a felszabadulás előtt az üzemvezetés felépítésében egyáltalán nem volt fellelhető, és minthogy a vezetők túlnyomó többsége a régi, a felszabadulás előtti üzemvezetés gyakorlatából törekszik meríteni tapasztalatait, (vagy legalább is főleg abból) kellő felkészültség hiányában ingadozik az új szervezési megoldások megvalósításának kérdésében, legtöbbször úgy néznek ezekre az új szervekre, mint valami elkerülhetetlen rosszra.

A vezetők jelentékeny részének fent ábrázolt viszonya az új, szocialista típusú üzemvezetés kiépítésében odavezet, hogy a gyárak, az üzemek vezetői nem képesek dolgoztatni központi igazgatási szerveket és dacára annak, hogy létszámban ezek a szervek igen jelentékenyek, a közvetlen kihatásuk a termelés irányítására távolról sem üti meg a szükséges színvonalat.

Ennek azután az az eredménye, hogy az igazgatóság állandóan az események után fut ahelyett, hogy elébe vágna az eseményeknek és képes lenne tervszerűen vezetni az üzemet.

Miért éppen a tervgazdasági, a gyártástervezési és a termelési osztályok azok, amelyeknek a jó munkája biztosítja a többi műszaki és gazdasági vezetőszervek megfelelő tevékenységét egy üzemen belül.

Azt hiszem, nem szorul különösebb magyarázatra az, hogy a szocialista tervgazdaságban milyen fontos szerepe van az üzemek tervgazdasági osztályának. A bökkenő ott van, hogy az üzemi tervgazdasági osztályok túlnyomó többsége jelenleg a funkciójának csak egy részét tölti be többé-kevésbé egészen. És pedig az üzemek különböző terveinek (ötéves, egyéves, termelési, műszaki, anyagi, munkaerőgazdálkodási, önköltségcsökkentési, pénzügyi stb.) a minisztériumok és az Országos Tervhivatal felé való beadása, képviselése, különböző külső szervekkel való tervgazdasági ügyek intézése. Azonban egyes üzemeken belüli tervgazdasági funkciók betöltése már sokkal kisebb mértékben

valósul meg. A felső vezetőszerveknek benyújtott és elfogadott tervek nem lesznek megfelelően felparcellázva, a végrehajtás nincsen kellően végrehajtva és ellenőrizve, az egyes üzemszek és az egész vállalat termelési, műszaki, gazdasági és pénzügyi tevékenysége nem részesül megfelelő elemzésben és így nem is nyerhet megfelelő időszakonkénti kiértékelést. Ennek következtében nem dolgozzák ki megfelelően az üzem, a tervszerű gazdálkodás fejlesztéséhez feltétlenül szükséges műszaki-gazdasági mutatószámokat, amelyek kiindulópontként szolgálnak a munka termelékenységének további fokozásához, az önköltség csökkentéséhez, az anyagmegtakarításhoz, az üzem tervszerű vezetésének elmélyítéséhez. Ilyképpen a terv mozgósító ereje az üzem dolgozói felé komoly mértékben lecsökken.

A Szovjetunió Kommunista (b) Pártja XVI. kongresszusán Sztálin elvtárs a politikai beszámolójában többek között a következőket mondta a tervezésről:

»Maga a terv elkészítése még csak kezdete a tervezésnek. Az igazi tervszerű vezetés csak a terv elkészítése után bontakozik ki a helyszíni ellenőrzés után, a megvalósulás folyamán a tervnek a korrigálásában és a részletek meghatározásában.« (Sztálin : A leninizmus kérdései 10-ik orosz kiadás, 413. l.)

A tervszerű üzemvezetés megvalósítása éppen az a láncszem, amelyen keresztül az egyes vállalat, mint az egész népgazdaság szerves része járul hozzá az egész ország munkájához, a szocializmus építésének nagy feladatához.

Miért olyan fontos továbbá a gyártástervezési — a technológiai osztálynak a szerepe a termelésben a jelen viszonyaink között?

Erre a kérdésre röviden azzal lehet válaszolni, hogy először is üzemvezetés szempontjából a jól beágyazott technológia, a technológiai dokumentáció, illetve a helyesen kidolgozott gyártási műveletek tervezetei (repertoriumok) adják meg az egész termelés, a tervszerű üzemvezetés alapidokumentációját a műszaki ellenőrzés, munkeszköz-, anyag-, munkaeszközök, gépterhelés és határ-időzés, energiagazdálkodás stb. szempontjából. Amikor a szocialista üzemekben a műszaki fegyelemről beszélnek, akkor elsősorban a technológiai fegyelmet értik ezalatt.

Másodszor, de nem kevésbé fontos az, hogy a korszerű technológia alkalmazása meghatározza a termelő eszközök hatásfokát, csökkenti az anyag- és az időráfordításokat, vagyis a szocialista bővített újratermelés egyik legdöntőbb eleme.

A munka termelékenysége — mondja Lenin — ez végeredményben, az új társadalmi rend győzelme szempontjából a legfontosabb, a legfőbb dolog. A kapitalizmus a munkának olyan termelékenységét hozta létre, aminőt a jobbágyrendszer nem ismert. A kapitalizmust azzal lehet véglegesen legyőzni, és azzal fogjuk véglegesen legyőzni, hogy a szocializmus a munkának új, jóval magasabb termelékenységét hozza létre (Lenin : Összes művei, XXVI. köt., 342. l. oroszul).

Jelenleg már túlszárnyaltuk a munkatermelékenységnek a felszabadulás előtti színvonalát. Azonban a hároméves terv sikeres megvalósításának eredményeként és az ötéves terv végrehajtásának folyamán újjáépített, rekonstruált és egészen újonnan felépített üzemek megnövekedett kapacitása, az új technika igen jelentős mértékben való alkalmazása és döntő mértékben az új szocialista termelőviszonyok mellett nyújtott lehetőségek a munka termelékenységének olyan gyorsütemű emelkedését biztosítják, amelyet egy pár évvel ezelőtt nehéz volt elképzelni. Ez azt jelenti, hogy mi hatalmas, még eddig fel nem fedett belső tartalékokkal rendelkezünk és a korszerű technológia alkalmazása biztosítja a megfelelő eredményeket ezen a téren.

Ebben a kérdésben döntő mértékben két irányba kell az erőfeszítéseket összpontosítani. Egyrésztől minden erővel szorgalmazni az üzemek technológiai szerveinek a kiépítését s megerősítését megfelelő műszaki és a legjobb élmunkások soraiból kiemelt káderekkel. Biztosítani ezeknek a kádereknek a technológiai továbbképzését úgy, hogy képesek legyenek a lehető legrövidebb időn belül megnyergelni a korszerű technikát és kihozni belőle a maximális eredményeket.

»A technika olyan emberek nélkül, akik elsajátítják — halott. A technikának olyan emberek kezében, akik elsajátították, csodákat lehet és kell tennie.« (Sztálin : Beszéd a Kremli palotában a Vörös Hads. Akad. évzáró ünnepélyén — A leninizmus kérdései 515. l.).

A másik nem kevésbé fontos probléma megoldása nagymértékben a Tudományos Akadémia Műszaki Szakosztályára hárul. Éspedig lehetőleg igen rövid időn belül — a szocialista építkezés ütemének megfelelően —, ki kell alakítani az egyes iparágak technológiáját, mint önálló tudományt és elsősorban a gépgyártás technológiájának a tudományát. Ez igen nehéz és komoly feladat, amely a tudományos dolgozók és a gyakorlati műszaki munkatársak jól egybehangolt tevékenységének eredményeként nyerhet megfelelő megvalósítást. Azonban ezt megköveteli tőlünk a szocializmus építése, ezzel mi adósai vagyunk az egész magyar dolgozó népnek. Röviden kifejezve a feladat — bevinni és lehető legszélesebb méretekben alkalmazni a korszerű műszaki tudomány vívmányait a termelésben.

Amióta eldőlt egyszer és mindenkorra hazánk fejlődésének iránya, amióta dolgozó népünk kemény és határozott lépésekkel rátért a szocializmus építésének útjára, azóta a széles dolgozó tömegek mindjobban átérzik a megváltozott termelési viszonyok kihatását és mindjobban tudatára ébrednek annak, hogy ők maguk — a gyárak, üzemek, a különböző intézmények és vállalatok tényleges gazdái.

A szocializmus útján haladva népünk egy rövid pár év alatt hatalmas utat tett meg, messze maga mögött hagyta a felszabadulás előtti termelés és a munka termelékenységének szintjét.

Ennek a fejlődésnek megfelelően, illetve ezzel szoros kapcsolatban a

dolgozók szocialista öntudata is hatalmasan megnövekedett, amely a közvetlen termelés folyamatában a munkaverseny, a Sztahánov- és újítási mozgalom mind nagyobb elterjedésében nyilvánul meg.

Népünk megszívlelte Pártunk és hazánk vezérének, Rákosi Mátyás elvtársnak rövid, de velős jelszavát : »Tiéd az ország, magadnak építed« s ennek megfelelően a dolgozók többsége mind nagyobb érdeklődést fejt ki a termelés problémái és eredményei iránt. A dolgozó tömegeknek a termelés iránti megnövekedett érdeklődése, a munkaversenymozgalom komoly probléma elé állította a termelés vezetőit, elsősorban az üzemeken belüli termelésstervezés, a termelési folyamatok operatív irányítása és állandó nyilvántartása terén.

Röviden ezt *tervfelbontás*nak nevezzük. Ez egy új fogalom hazánkban, azelőtt még maga a kifejezés is ismeretlen volt.

A termelés üzemeken belüli tervezésének problémája különösen kiéleződött az ötéves terv beindítása óta.

Szükségessé vált egy olyan speciális szerv felállítása az üzemekben, amely intézi a termelési folyamatok megtervezését, biztosítja azok dokumentációs és gyártás előkészítését, anyagmozgatását, kézben tartja a megvalósítás állandó nyilvántartását, valamint gyorsan és operatíven közbelép a termelés folyamatában felmerülő nehézségek áthidalása érdekében — vagyis biztosítja az egész üzem számára a termelés ritmikus, tervszerű megvalósítását.

Ez a szerv — a termelési osztály.

Az üzemi termelési osztályok létrehozásának kérdése körül komoly viták támadtak, amelyek még mai napig sem nyertek végleges megoldást, legalább is a gyakorlati megvalósítás szempontjából.

Igen sok oldalról vetik fel azt, hogy a termelési osztály tulajdonképpen a tervezési osztály feladatát végzi, illetve szükségtelen párhuzamosságot visz be az üzem munkájába. Mások a termelési osztályok működését, az úgynevezett határidőirodák funkciójára akarják leszűkíteni. A gyakorlatban igen gyakran a termelési osztály feladatát egy bizonyos sürgető szervvel akarják elvégeztetni.

A termelési osztályok funkciójának meg nem értése onnan adódik, hogy igen sokan megfelelő politikai és szakmai felkészültség hiánya miatt nem tudják megérteni azt, hogy a szocialista üzemekben (különösen a nagy és bonyolult üzemekben) a termelés tervezése két részre oszlik.

Az első rész az üzem generális termelési tervének kialakítása, az ötéves, egyéves, a negyedéves tervek és azok kontrollszámai, mutatószámainak kidolgozása, az üzem tervezési statisztikájának intézése, az üzem, illetve vállalat tevékenységének tervezési szempontjából való nyilvántartása és időszakonkénti kiértékelése. Vagyis a termelés nagyvonalú, katonai kifejezéssel élve, stratégiai tervezése.

Természetes, hogy a szocialista üzem tervszerű termelését csak stratégiai tervezéssel nem lehet megfelelően vezetni. Szükség van egy másfajta tervezésre, amely a nagyvonalú tervekből az egyes üzemrészek számára részleges termelési programot állít össze (havi, heti, napi), biztosítja ennek a programnak a megvalósítását, a termelésben állandóan felmerülő, előre nem látható eshetőségek közepette, amikor is a gyors és igen gyakran energikus intézkedések szükségesek.

Ez az egészen részleges és operatív tervezés csak úgy valósulhat meg, ha állandóan megállás nélkül, a lehető legapróbb részleteig nyilvántartja a termelés folyamatát. Vagyis itt a tervszerű termelés érdekében folyó harc egész láncolatának egyes szakaszain folyó kisebb-nagyobb termelési ütközetek kivívásáról van szó az egész terv érdekében, illetve a termelés tervszerű taktikai célkitűzésének megvalósításáról.

Tehát az üzem termelési tervezésének stratégiája mellett, amelyet a tervgazdasági osztály intéz, szükség van a termelés tervszerű végrehajtásának taktikájára -- amelyet a termelési osztály valósít meg. A szocialista üzemi termelés-tervezés két fázisának a szükségességében még sok a kételkedő. Ha el is ismerik, de facto, azonban azzal a megjegyzéssel, hogy a termelési osztályokra csak annyiban van szükség, amennyiben a mi üzemvezető kádereink nem sajátították el a vezetés tudományát. Amikor a jó üzemvezetés által biztosítva lesz teljes egészében és minden vonatkozásában a tervszerű gyártás, előkészítés, anyagmozgatás s egészen minimálisra lesznek leszorítva a selejt által előidézett kiesések és zavarok, akkor már a tervezés stratégiai és taktikai intézése egy funkcióban fog kifejezést nyerni, vagyis nem lesz szükség két tervező szervre, csak egyre.

Eltekintve attól, hogy mi ettől az ideális helyzettől még gyakorlatilag igen-igen messze vagyunk, leszögezhetjük azt, hogy egyes üzemekben, ahol a termelés méretei nem jelentősek, vagy a termelés technológiája igen egyszerű (néhány operáció) és folyamatos, a tervgazdasági osztály és termelési osztály funkciója egy osztály keretén belül is megvalósítható, de külön-külön csoportokkal.

Azonban komoly tévedés volna azt állítani, hogy a termelési osztály létjogosultsága az üzemvezetés szubjektív adottságainak talajában gyökeredzik.

Termelési osztály többé-kevésbé kifejlesztett képében már ott található a legmodernebb kapitalista üzemekben is, ahol dispatcher-osztály néven ismeretes.

A korszerű nagyüzemekben folyó termelési folyamatok annyira sokoldalúak és bonyolultak, hogy bármennyire is jól van kiépítve a gyártás belső szervezete, mégis szükségessé vált egy olyan szervezet kialakítása, amely állandóan rajta tartja kezét a termelés megvalósításának ütőerein és szükség esetén operatíven közbelép.

Ezért jöttek létre a dispatcher osztályok a legmodernebb kapitalista üzemekben. Itt nincs semmi különös, t. i. amint már meg lett említve az előbbieken, a szocialista üzemvezetés szervei részben már kialakulnak a tőkés társa-

dalmi rendszer legkorszerűbben megszervezett üzemeiben. Ez törvényszerű folyamat.

Azonban a szocialista üzemekben a termelési osztályok létrehozásának szükségszerűsége, azon túl, amit a legkorszerűbb tőkés nagyüzemekben tapasztalhatunk, döntő mértékben egy egészen más, a tőkés termelésben ismeretlen jelenségben is gyökerezik. A szocialista kibővített újratermelés egy döntőfontosságú eleme, a dolgozó tömegek munkaverseny- és újtómozgalma, a tőkés termelésben nem létezett és nem is létezhetett.

Már pedig ez a szocialista termelés szempontjából döntőfontosságú mozgalom nap, mint nap, megállás nélkül hozza létre és valósítja meg a termelékenység emelésének újabb és újabb lehetőségeit, újabb és újabb erőforrásokat tár fel az üzemen belül. A munkaverseny és az újtási mozgalom döntőfontosságú tényezői a szocialista kibővített újratermelésnek, az üzemek belső erőforrásainak állandó megállás nélküli feltárásának.

A munkaverseny és újtómozgalom többek között két nagy feladat elé állítja az üzemvezetést.

Egyrészt, hogy ez a nagyszerű mozgalom által produkált eredmények gyorsan és operatívén szervesen beleépüljenek az üzem termelési tervébe (ne csak globálisan százalékokban, hanem konkrétan időben és térben), hogy az újonnan felfedezett erőforrások gyorsan mozgósítva legyenek az üzem feladatainak megvalósítására, másrészt éppen a munkaverseny és újtómozgalom kiszélesítése és elmélyítése érdekében az üzemrészek termelési programját mindjobban felbontva levezetni egészen a munkahelyig, vagyis tervfelbontást biztosítani egészen az egyes dolgozókig.

Ezt, a két egymással szoros kapcsolatban lévő feladatot csak egy olyan üzemvezetési szerv képes helyesen elvégezni, amely gazdája az egész üzem és az egyes üzemrészek termelési programjának, legrészletesebb operatív kidolgozásának és állandóan megszakítás nélkül irányítja és nyilvántartja annak végrehajtását, konkrétan felelős annak megvalósításáért. Ez a szerv a termelési osztály. Tehát a termelési osztályok létének szükségszerűsége az új szocialista termelés természetéből szervesen adódik.

Pártunk megköveteli a vállalatok, üzemek vezetőitől, a műszaki vezetőktől, hogy álljanak élére a munkaversenymozgalomnak, ahhoz, hogy ezt a kötelességüket jól végezzék el, feltétlenül szükséges a termelési osztályok jól megszervezett munkája.

Összefoglalva az elhangzottakat, teljesen nyilvánvaló az a tény, hogy a marxi-lenini világnézet — a dialektikus és történelmi materialista módszer helyes alkalmazása — hozzásegít bennünket, tudományos és műszaki munkatársakat, az üzemi élet gyakorlati dogozóit ahhoz, hogy világosan lássuk a termelés és üzemvezetés előttünk álló problémáit, hogy ki tudjuk választani a helyzetnek és célnak legmegfelelőbb megoldásokat, hogy képesek legyünk

meghatározni a sok közül azon láncszemeket, amelyek az egész feladat megvalósítására döntő módon kihatnak.

A termelés, illetve a konkrét üzemvezetés összes időszzerű kérdéseit egy előadás keretein belül igen nehéz feladat volna megvilágítani, tekintve ezen problémák sokaságára és meglehetősen bonyolultságára. Éppen ezért ez az előadás néhány igen időszzerű kérdés taglalására korlátozta feladatát. Az előadás, továbbá a termelés és az üzemvezetés néhány fontos kérdésének nem általános elemzését tűzte ki célul maga elé, hanem törekedett a jelenlegi magyarországi üzemvezetési gyakorlat szempontjából egyes döntő gyakorlati kérdések elméleti megvilágításán keresztül rámutatni a problémák megoldásának módjaira.

A termelés és az üzemvezetés gyakorlati problémáinak elméleti síkon való tárgyalására nálunk Magyarországon különösen nagy szükség van, azért, mert a termelés és az üzemvezetés terén még tökéletes gazdálkodás szempontjából is meglehetősen elmaradott helyzetet örököltünk a felszabadulás után.

Ennek a helyzetnek megfelelően az üzemek vezetői, a műszaki értelmiség soraiban a konzervativizmus, maradiság elég mély gyökeret vert.

Az újtól való idegenkedés, az üzemvezetés és a termelés problémái megoldásának az ösztönösség útjára terelése, még sajnos, igen gyakori jelenség nálunk. Sőt nem ritkán még elméletileg is törekszenek megokolni a termelésben, az üzemvezetés terén megnyilvánuló elmaradottság »szükségyszerűségét«. Az ilyen esetekben legtöbbször arra hivatkoznak, hogy mi még nem tartunk ott, ahol a Szovjetunió, hogy a Magyar Népköztársaság és a szocialista szovjet gazdasági rendszer üzemvezetési és termelési módszerei között óriási különbség van és ezért még nem időszzerű rátérni a szovjet tapasztalatok elsajátítására.

Ezekben az esetekben teljesen helytelen és káros tendenciával állunk szemben (sajnos, igen gyakori). Hazánk objektív történelmi fejlődésében a mindinkább és gyors ütemben növekvő szocialista természetű termelésen van a hangsúly. Ennek eredményeként a termelés és üzemvezetés döntő fontosságú problémái mindinkább hasonlóbakká válnak a szovjet tapasztalatokhoz. Tehát, aki ellenkezőleg a különbségre akar építeni — habár a két rendszer gyakorlata közötti meglevő különbség mindjobban növekvő ütemben csökken —, az homokra épít.

Az ilyen vezetők és műszakiak tulajdonképpen nem fejlődésre, nem a növekvő újra, hanem az elmúlóra, a mindinkább eltűnőre, az elhalóra akarnak építeni és természetesen, hogy az ilyen tendencia a mi szocialista építkezésünk szempontjából semmi jóra sem vezethet.

A termelés és az üzemvezetés terén megnyilvánuló konzervatívizmussal, elmaradottsággal és egyéb káros tendenciákkal szemben a Magyar Tudományos Akadémia általában, de különösen Műszaki Szakosztálya nem foglalhat el közömbös álláspontot, ha magas hivatásának eleget akar tenni.

A Magyar Tudományos Akadémiának, mint a Magyar Népköztársaság legmagasabb tudományos szervének, valamint minden tudományos és műszaki munkatársnak harcba kell szállnia minden olyan tendenciával, amely visszafelé húz bennünket, amely fékezi a termelést és ezzel akadályozza a szocialista fejlődésünket. Ennek a harcnak jegyében tartottam meg az előadásomat és annak a reményében fejezem be, hogy az általam elmondottak megértésre találhatnak.



# BESZÁMOLÓ A RECSKI NYERSÉRCCEL VÉGZETT PÖRKÖLÉSI ÉS RÉZLÚGZÁSI KÍSÉRLETEKRŐL

HORVÁTH ZOLTÁN

*Beérkezett 1951. február 24.*

## *I. Bevezetés*

A recski enargitos rézérc rézben nagyon szegény és flotálással vagy más ércelőkészítő eljárással csak rossz hatásokkal dúsítható, ezért felmerült az érc nedves úton való feldolgozásának a gondolata. Mivel az érc a rezet komplexvegyület alakjában tartalmazza, ennél a munkamódnál az ércet oxidáló, szulfatizáló vagy klórozó pörköléssel elő kell készíteni a lúgzás számára. Ilyen szegény érc feldolgozása csak úgy gazdaságos, ha az ércben lévő értékes elemeket könnyen értékesíthető termékekre dolgozzuk fel. Ezért a jelen esetben a réznek rézgálicalakban való értékesítését vettük tervbe, amely célból a lúgzáskor szulfátos oldatra van szükségünk. Hogy a rézgálicgyártáshoz használható oldat előállításához minél kevesebb, külön berendezésben gyártott kénsav fogyjon, célszerű az ércet lúgzás előtt szulfatizálólag pörkölni. Ebben az esetben ugyanis a kupriszulfát keletkezéséhez szükséges kénsavanhidrid pörkölés közben keletkezik és szerencsés esetben a pörkölékből a réz vízzel is jó hatásokkal lúgozható ki.

Az alább ismertetett laboratóriumi kísérletek célja annak megállapítása volt, milyen körülmények között végzett pörkölés után és hogyan lehet a recski érc réztartalmát a lehető legnagyobb kihozattalal kilúgozni.

A kísérletek céljára rendelkezésemre álló, rendkívül heterogén érc maximális szemmagysága 3 mm volt és átlag 0,75% rezet, 6,25% vasat, 4 g/t aranyat és 19 g/t ezüstöt tartalmazott. Az ércben a réz enargit, a vas pedig pirit alakjában van jelen, a meddő túlnyomórészt agyagból és kvarcból áll.

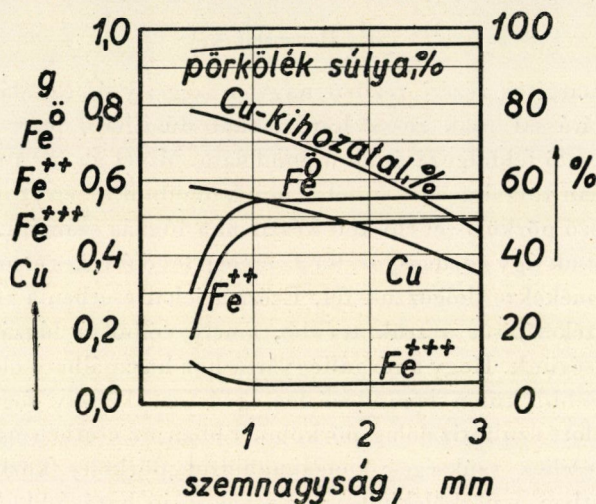
A kísérletek során először a legmegfelelőbb őrlési finomságot állapítottam meg, azután a pörkölés legkedvezőbb körülményeit határoztam meg.

## *II. A legmegfelelőbb őrlési finomság megállapítása*

Az őrlés szükséges mértékének megállapítása végett az ércből kúpra való halmazással mintát vettem, ebből 200 g-ot változatlanul, 100 g-ot a 20 csokros szitán átmenő szemmagyságra őrölve (0,9 mm), 200 g-ot pedig 0,4 mm alatt lévő szemmagyságban pörkölttem 450 C°-on, 14 óra hosszat. Az ércet pörkölvályúban helyeztem a hideg tokoskemencébe. Az elektromos ellenállással fűtött kemence hőmérsékletszabályozójának 450 C°-ra történt beállítása után bekapcsoltam az áramot. Az áram bekapcsolásától számított 14 óra múlva a pörkölő-

vályút kiemeltem és a lepárlófülkében hűtöttem le. A lehűlt pörköléket 3%-os  $H_2SO_4$ -val és vízzel, mindenkor  $150\text{ cm}^3$  mennyiségben, forrón, kavargatás közben, kb. 1 óra hosszat lúgoztam, a zagyot szűrőre vittem és a szűrletben a rézet elektrolitos úton, a ferrovasat közvetlenül, az összes vasat pedig cínkkel való redukálás után káliumpermanganáttal való titrálással határoztam meg.

Az 1. ábra szemlélteti a 100 g ércből keletkező,  $450\text{ C}^\circ$ -on 14 óra hosszat pörkölt anyagból 3%-os kénsavval kilúgozható réz, ferrovas, összes vas, ferrivas



1. ábra.

mennyiségét, továbbá a pörkölék súlyát és a rézkihozatalát a pörköléshez kerülő érc szemmagyságának a függvényében.

Az 1. ábrából láthatjuk, hogy a vázolt kísérleti körülmények mellett a réz kihozatala 3 mm-es szemmagyságnál 46,3%, 0,9 mm szemmagyságnál 74,3%, 0,4 mm szemmagyságnál 79,50%.

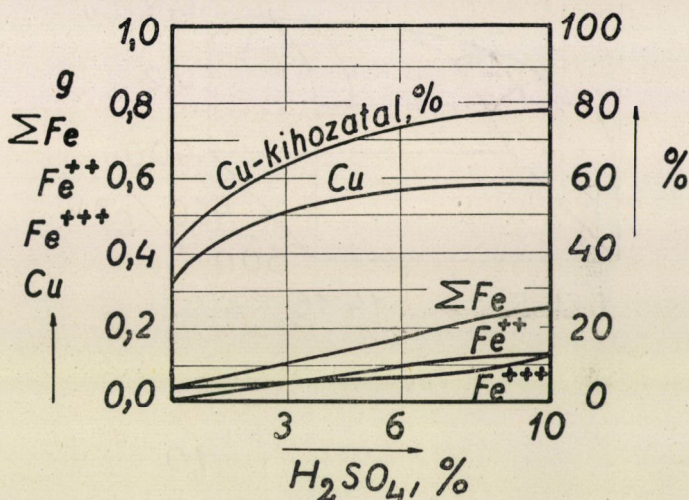
Ezekből az eredményekből az következik, hogy elfogadható rézkihozatal elérése végett *elegendő a nyers ércet 0,9 mm alá őrölni*. A szemmagyság további csökkentése a rézkihozatalát csak mintegy 8%-kal növeli.

Az 1. ábrán fel nem tüntetett két kísérlet összehasonlításából kitűnik, hogy 3 mm-es szemmagyságnál 46,3%-ról 65,8%-ra emelkedik a rézkihozatal, ha a pörkölés hőmérsékletét  $450\text{ C}^\circ$ -ról  $600\text{ C}^\circ$ -ra emeljük. Ebből arra lehetne következtetni, hogy a pörkölés hőmérsékletének és időtartamának a változtatásával a 3 mm-es ércnél is elérhető elfogadható rézkihozatal. A pörkölt anyag őrleményének mikroszkópiai vizsgálata azonban azt mutatta, hogy a szóban forgó két kísérletnél kapott pörkölékben sok a pörköletlenül maradt pirit- és enargitszemecske. Ezért a 3 mm-es szemmagyságtól a pörkölés hőmérsékletének

és időtartamának a változtatásával sem várhatunk jó rézkihozatalt. Így a továbbiakban 0,9 mm-es, vagy még ennél is finomabb szemmagyságú ércel folytattam a kísérleteket.

### III. A kénsavkoncentráció hatása a rézkihozatalra

Ezeknél a kísérleteknél a 0,9 mm-es és 550 C°-on 14 óra hosszát pörkölt anyagot vízzel, továbbá három-, hat- és tízszeres kénsavval lúgoztam 1 óra hosszát, kavarással és melegítés közben. A cél az oldatba hozható réz mennyiségének megállapítása volt a lúgószer kénsavtartalmának a változta-



2. ábra.

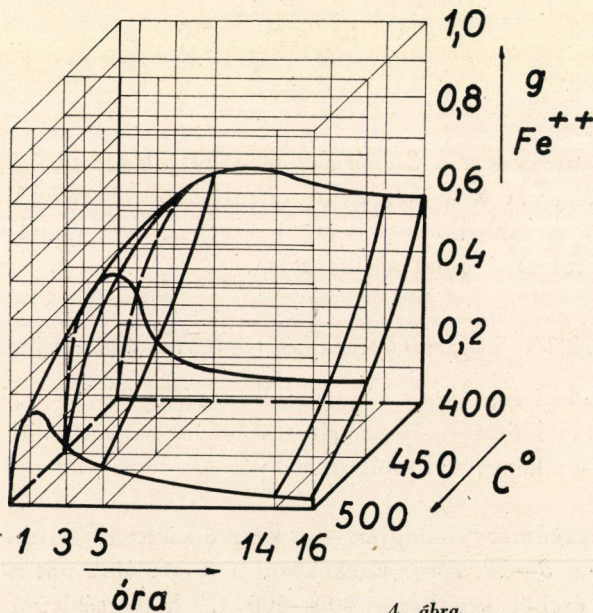
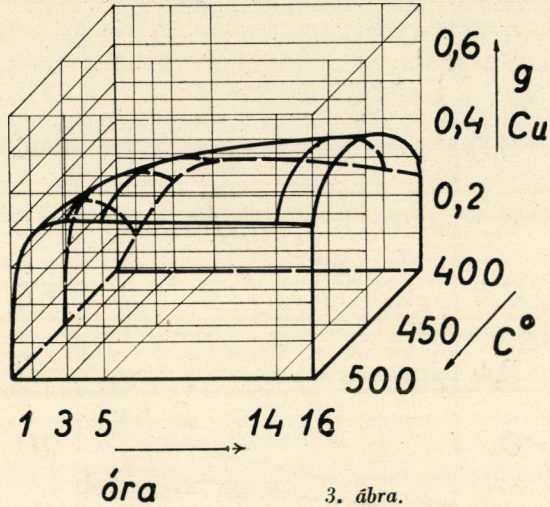
tásával. Az eredményeket a 2. ábrából olvashatjuk ki, amelyből látjuk, hogy a rézkihozatal 3%-nál több kénsavat tartalmazó oldatoknál csak keveset változik, ezért a továbbiakban a legtöbb esetben csak vízzel és 3 súlyszázalék kénsavat tartalmazó oldattal lúgoztam.

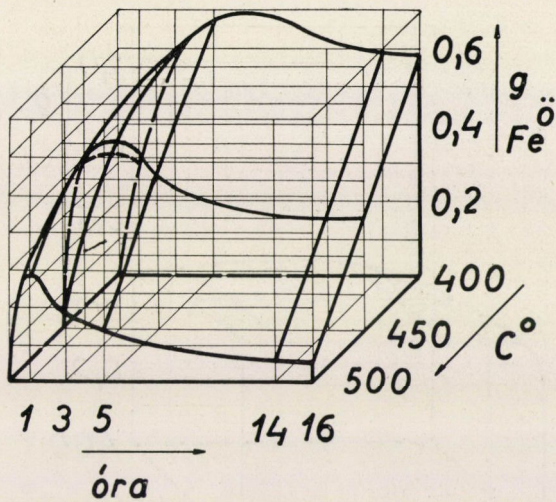
### IV. A pörkölés hőmérsékletének és időtartamának változtatása

A következő kísérleteknek célja annak megállapítása volt, hogy a pörkölés hőmérsékletének és időtartamának változtatásával hogyan módosul a pörköléből vízzel és 3%-os kénsavval kilúgozható réznek, ferro-, ferri- és összes-vasnak a mennyisége.

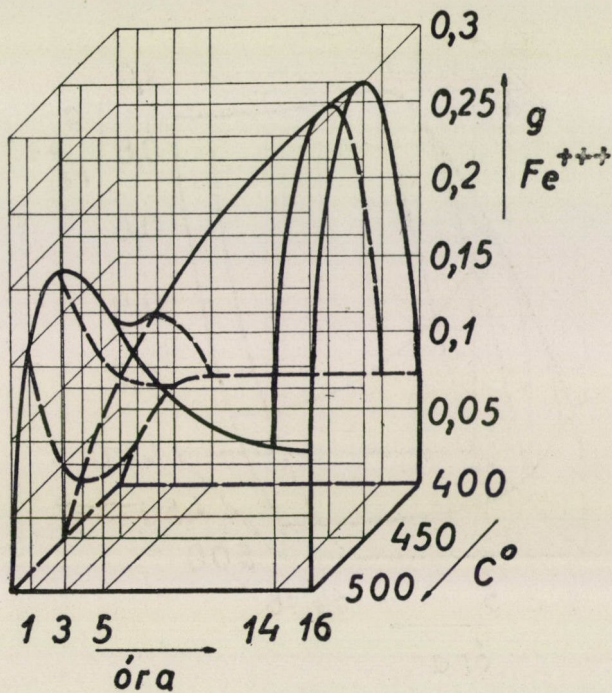
45 kísérlet eredményei alapján — a kiugró kísérleti eredmények korrigálásával — készült a 3—10. ábra. Ezek közül a 3—6. ábra azt mutatja, hogyan változik 100 g ércből keletkező, 400—500 C° hőmérsékleten 16 óra hosszát

vagy ennél rövidebb ideig pörkölt anyagból vízzel kilúgozható réz (3. ábra), ferrovas (4. ábra), összes-vas (5. ábra), illetőleg ferrivas (6. ábra) mennyisége, ha a pörkölés hőmérsékletét és időtartamát változtatjuk; a 7—10. ábra pedig azt szemlélteti, hogy 100 g ércnek a fent leírt módon készített pörkölékből mennyi rézet (7. ábra), ferrovasat (8. ábra), összes-vasat (9. ábra) és ferrivasat (10. ábra) lehet kilúgozni, ha a lúgzást nem vízzel, hanem 3%-os kénsavval végezzük.

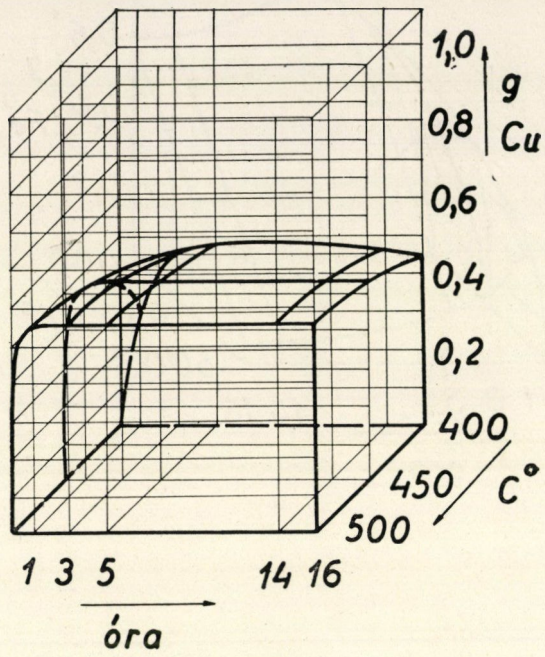




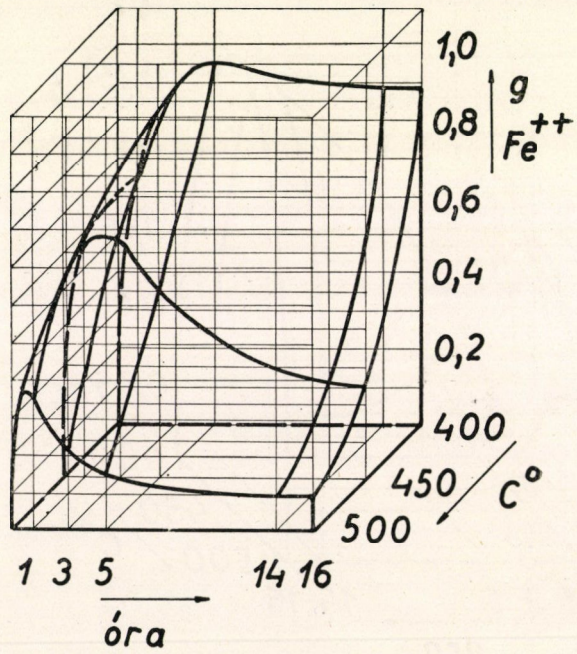
5. ábra.



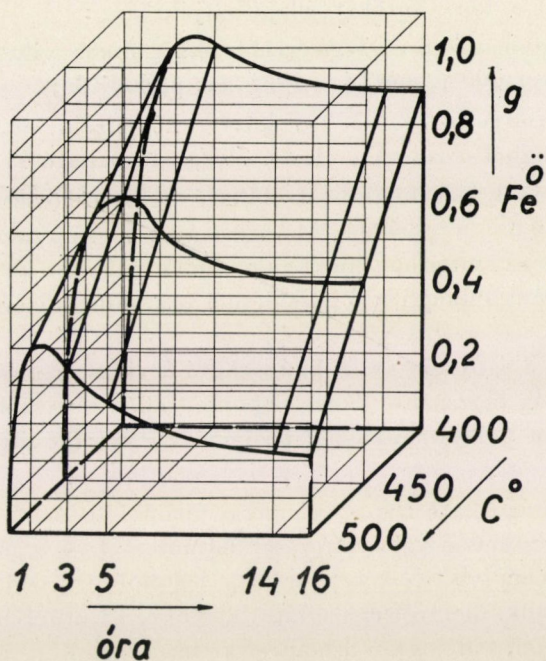
6. ábra.



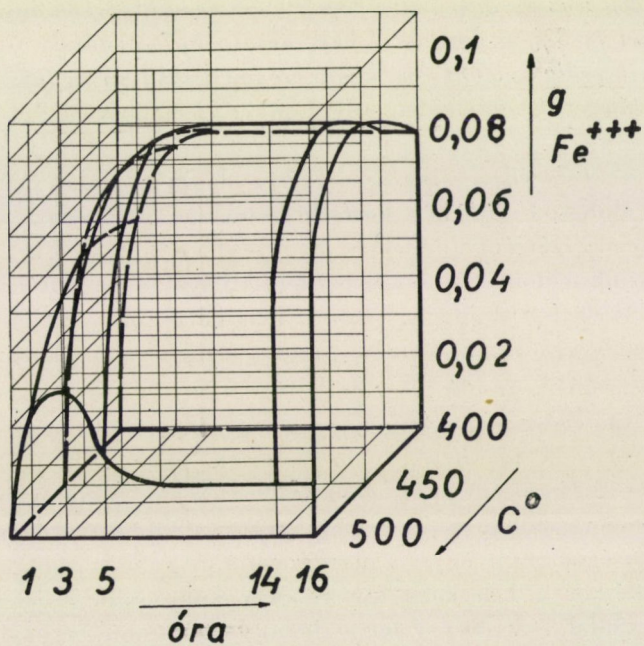
7. ábra.



8. ábra.



9. ábra.



10. ábra.

Az ábrákból a következőket állapíthatjuk meg :

1. *vízzel* az ércben lévő réz legnagyobb részét akkor vihetjük oldatba, ha lúgzás előtt az ércet  $400\text{ C}^\circ$ -on 14 óra hosszat pörköljük ;

2.  $3\%$ -os kénsavval a  $450\text{—}500\text{ C}^\circ$  közötti hőmérsékleten, aránylag hosszú ideig pörkölt anyagból a réznek csak kb.  $70\%$ -a lúgozható fí ;

3. a vízzel és  $3\%$ -os kénsavval oldható ferro- és összesvas mennyisége állandó hőmérsékleten a pörkölés időtartamával maximumot mutató görbe szerint változik és az izotermák maximuma annál nagyobb értékű, annál laposabb és annál hosszabb ideig tartó pörkölésnél van, minél alacsonyabb a hőmérséklet ;

4. a vízzel és  $3\%$ -os kénsavval kilúgozható ferrivas mennyisége a  $400\text{—}500\text{ C}^\circ$ -on pörkölt anyag lúgzásánál annál nagyobb, minél hosszabb a pörkölés időtartama,  $500\text{ C}^\circ$ -on pörkölt anyagnál pedig maximumot mutató görbe szerint változik ;

5. a vízzel kilúgozható ferro- és ferrivas mennyiségének a pörkölés hőmérsékletével és időtartamával való változását feltüntetető 4. és 6. ábrából láthatjuk, hogy pörkölés közben  $400\text{ C}^\circ$ -on keletkezik a legtöbb ferroszulfát, ez magasabb hőmérsékleten bomlik, illetve ferriszulfáttá alakul és az utóbbiból a legnagyobb mennyiség  $450\text{ C}^\circ$ -on, tehát azon a hőmérsékleten képződik, amelyiken a vízzel kilúgozható réz mennyisége (3. ábra) is maximumát éri el ;

6. kísérletek közben — a kiugró értékektől eltekintve — két optimális eredmény adódott : az egyik a  $450\text{ C}^\circ$ -on 14 óra hosszat pörkölt anyag lúgzásánál, amikor a vízzel és  $3\%$ -os kénsavval való lúgzásnál  $67$ , illetve  $68\%$ -os rézkihozatal adódott, a másik pedig az  $500\text{ C}^\circ$ -on 14 óra hosszat pörkölt anyag lúgzásánál, amikor  $73,6\%$ -os rézkihozatal mutatkozott. Mind a két eredménynek van előnye is és hátránya is.

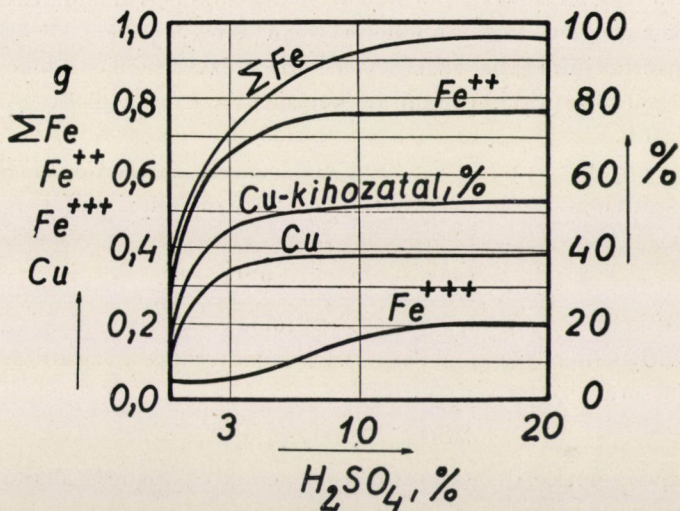
Az említett első esetben a lúgzáshoz kevés idegen kénsavat kell felhasználni, mert a vízben oldható  $\text{CuSO}_4$  keletkezéséhez szükséges kénsav nagyrésze pörkölés közben keletkezik. Hátránya ennek az, hogy — ha a lúgzásnál keletkező oldatot rézgálicra akarjuk feldolgozni — a bepárlás előtt sok vasat kell leválasztanunk.

A második esetben az idegen kénsavfelhasználás több, ezzel szemben a réz mellett kevesebb vas kerül oldatba és így a lúgtisztítás könnyebbé válik ;

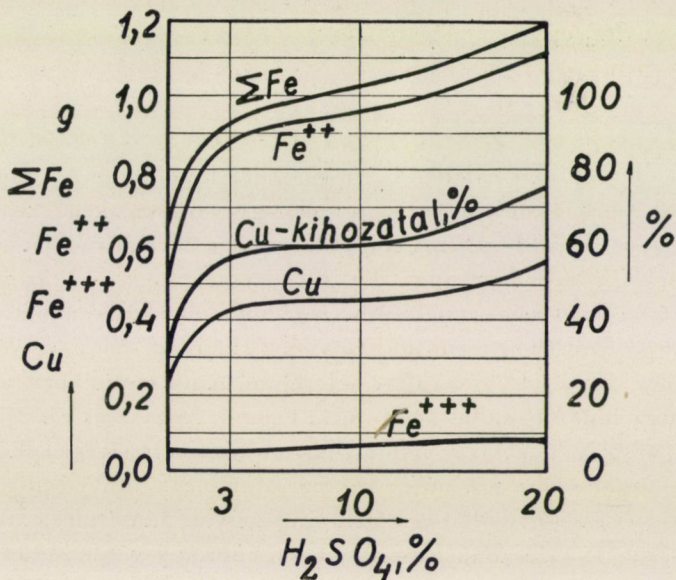
7. olyan próbálkozások, hogy pörkölésnél a rezet híg kénsavban oldható vegyületté, a vas egész mennyiségét pedig híg kénsavban rosszul oldódó ferri- vagy ferroferrioxidá alakítsuk, nem vezettek sikerre. A pörkölés közben keletkező ferro- és ferriszulfátnak elbontásához ugyanis magasabb hőmérséklet szükséges, ilyenkor azonban csökken a híg kénsavval kilúgozható réz mennyisége. Az utóbbi jelenségnek nyilván az a magyarázata, hogy magasabb hőmérsékleten végzett pörköléskor a keletkező kupri- vagy kuprooxid, a jelenlévő arzén-, antimonpentoxiddal, kovasavval, ferrioxiddal vegyül és híg kénsavban oldhatatlan rézarzenát, — antimonát, — szilikát, esetleg — ferrit keletkezik.



Amint láttuk, 3%-os kénsavval a réznek a legkedvezőbb esetben is csak kb. 70%-a lúgozható ki. Amint már a 2. ábrából láttuk és amint a 4—4 kísérlet eredményeiből szerkesztett 11. és 12. ábra is mutatja, a lúgzásra használt kénsav



11. ábra.



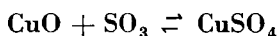
12. ábra.

koncentrációjának növelésével a rézkihozatal fokozható, de csak kis mértékben. Ezért a továbbiakban iparkodtam a pörkölést más körülmények között végezni.

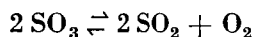
### V. A pörkölés végén alkalmazott hőmérsékletemelés hatása

Ezeknek a kísérleteknek a célja annak megállapítása volt, hogy milyen körülmények között végzett pörköléssel lehet az ércben lévő réz legnagyobb részét a lehető legkevesebb idegen kénsav felhasználásával oldhatóvá tenni úgy, hogy lúgzásakor a lehető legkisebb mennyiségű szennyezőelem kerüljön oldatba. Ezt a célt úgy érhetjük el, ha az ércet a rézre nézve szulfatizálólág pörköljük, vagyis ha a pörkölést a kupriszulfát képződésének a legkedvezőbb feltételei között végezzük.

Amint tudjuk, a pörkölés hőmérsékletének fokozatos emelése folytán először ferroszulfát, azután ferriszulfát és közben kupriszulfát is keletkezik. Az utóbbi a



reverzibilis reakció szerint képződik. Adott hőmérsékleten ennek a folyamatnak az iránya az  $\text{SO}_3$ -koncentrációtól függ. A kéntrioxid vagy a vasszulfátok termikus disszociációja során vagy a



egyenlet szerint keletkezik. Az utóbbi reakciónak egyensúlyi állandója

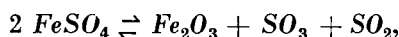
$$K = \frac{P_{\text{SO}_2}^2 \cdot P_{\text{O}_2}}{P_{\text{SO}_3}^2}$$

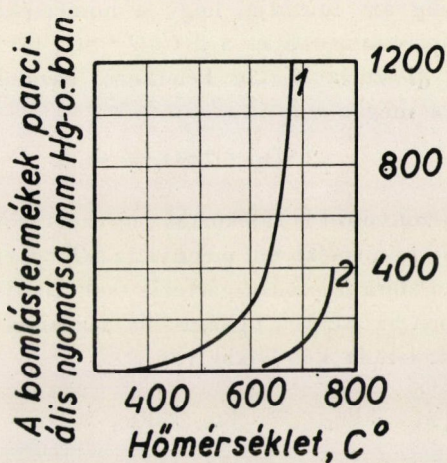
Ebből az  $\text{SO}_3$  egyensúlyi parciális nyomása :

$$P_{\text{SO}_3} = P_{\text{SO}_2} \sqrt{\frac{P_{\text{O}_2}}{K}}$$

Ezek szerint adott hőmérsékleten a pörkölési gáz kéndioxid- és oxigéntartalmából annál több kéntrioxid keletkezik, minél nagyobb a gáz kéndioxid- és oxigéntartalma és minél kisebb a fenti folyamat egyensúlyi állandója. Az utóbbi a hőmérséklettel egyenesen arányos. Ez azt jelenti, hogy — azonos gáz- és pörkölékösszetétel esetén — annál több kéntrioxid keletkezik, minél alacsonyabb a hőmérséklet. Természetesen a kéntrioxid képződésének a legkedvezőbb feltételei mellett fog a legtöbb szulfát keletkezni. A mi esetünkben azonban nem közömbös, hogy milyen szulfát keletkezik. Célunk, hogy csak rézszulfát képződjék. Ezért pörkölés közben a hőmérsékletet olyan határértékek között kell szabályozni, hogy csak a rézszulfát legyen sztabilis, a többi pedig elbomoljék. A vasszulfátok és a kupriszulfát egyensúlyi viszonyait tünteti fel a 13. és 14. ábra, amelyek Loszkutov-nak és Baukloh-nak jelen tanulmány végén idézett munkáiból valók.

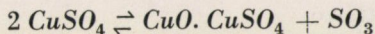
A 13. ábra 1. görbéje



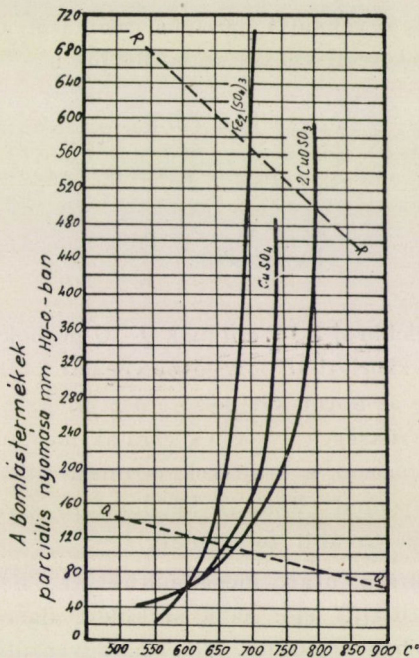


13. ábra.

2. görbéje pedig a

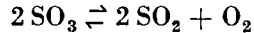


folyamatban keletkező gázhalmazállapotú termékek parciális nyomásának a hőmérséklettel való változását szemlélteti;



14. ábra.

a 14. ábra pedig azt mutatja, hogy a hőmérséklettel hogyan változik a ferriszulfátnak, kupriszulfátnak és a  $2 \text{CuO} \cdot \text{SO}_3$  összetételű bázikus kupriszulfátnak termikus disszociációjakor keletkező, gázalakú termékek parciális nyomása. A 14. ábra még a



reakció egyensúlyi viszonyairól is tájékoztat ; ugyanis az  $R-R$ -görbéből az olvasható ki, hogy bármely hőmérsékleten mennyi az  $\text{SO}_3$  egyensúlyi parciális nyomása ( $p_{\text{SO}_3}$ ), ha az 1 atmoszféra nyomású gázfázis csak kéntrioxidból, kéndioxidból és oxigénből áll. Ebben az esetben ugyanis, ha a gázfázisban minden molekula oxigén mellett két molekula kéndioxid van,

$$p_{\text{SO}_3} = 2 p_{\text{O}_2} \quad \text{és} \quad p_{\text{SO}_3} + p_{\text{SO}_2} + p_{\text{O}_2} = 1.$$

Az  $\text{SO}_3$  egyensúlyi parciális nyomására nézve már előzőleg megadott és ennek a két egyenletnek a segítségével, adott hőmérsékleten és a fenti feltételek fennállásakor a kéntrioxid egyensúlyi parciális nyomása az egyensúlyi állandóból számítható.

A 14. ábra  $Q-Q$ -görbéje az  $\text{SO}_3$  egyensúlyi parciális nyomásának a hőmérséklettel való változását abban az esetben szemlélteti, amikor a gázfázisban a kéntrioxid, kéndioxid és oxigén parciális nyomásának az összege csak 0,2 atmoszféra.

Ilyenkor az  $\text{SO}_3$  egyensúlyi parciális nyomását az egyensúlyi állandóból a következő egyenletek segítségével számíthatjuk :

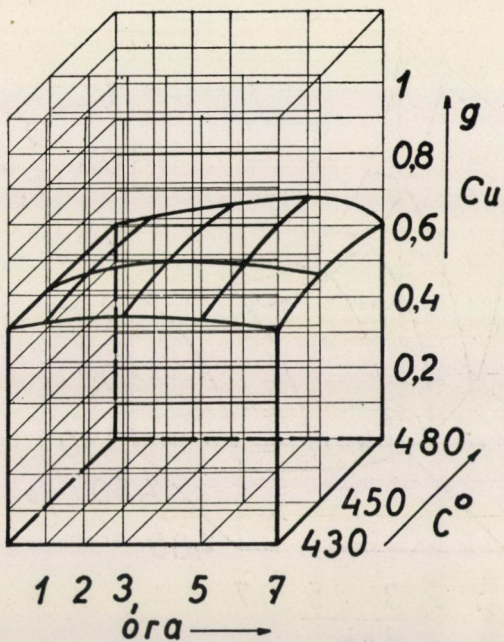
$$p_{\text{SO}_3} = 2 p_{\text{O}_2}$$

$$p_{\text{SO}_3} + p_{\text{SO}_2} + p_{\text{O}_2} = 0,2 \quad \text{és}$$

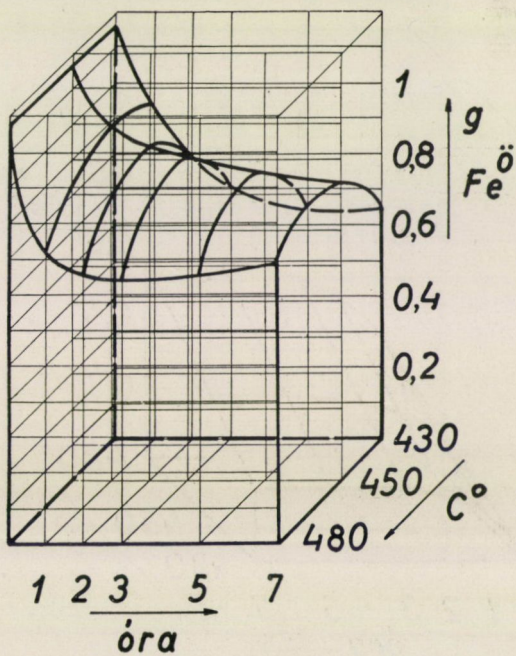
$$p_{\text{SO}_3} = p_{\text{SO}_2} \sqrt{\frac{p_{\text{O}_2}}{K}}$$

Bennünket közelebbről a 14. ábrának  $Q-Q$ -görbéje érdekel, mert leginkább ez közelíti meg a gyakorlatban levegővel végzett pörköléskor fennálló körülményeket. Ez a görbe az ábrát két mezőre osztja. Az alsóban az  $\text{SO}_3$  — és így a szulfátképződéshez szükséges feltételek vannak meg, a felső mezőben ábrázolt hőmérsékleten és nyomáson a szulfátok termikus disszociációjakor keletkező kéntrioxid egyrésze azonnal elbomlik kéndioxidra és oxigénre, így a szulfát termikus disszociációja tovább folytatódik.

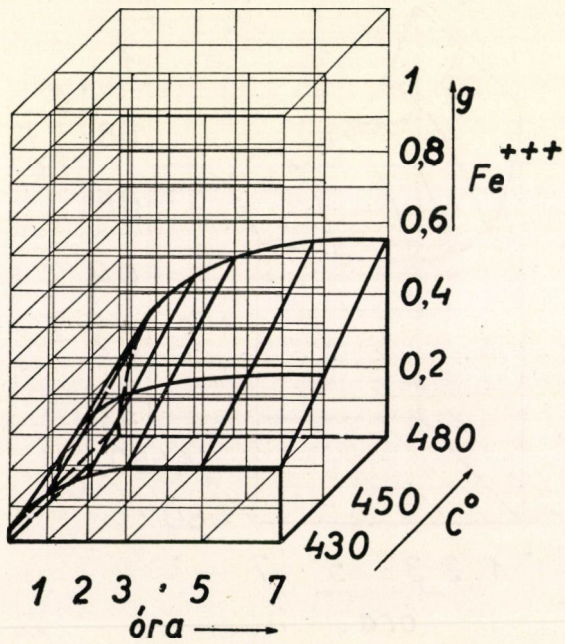
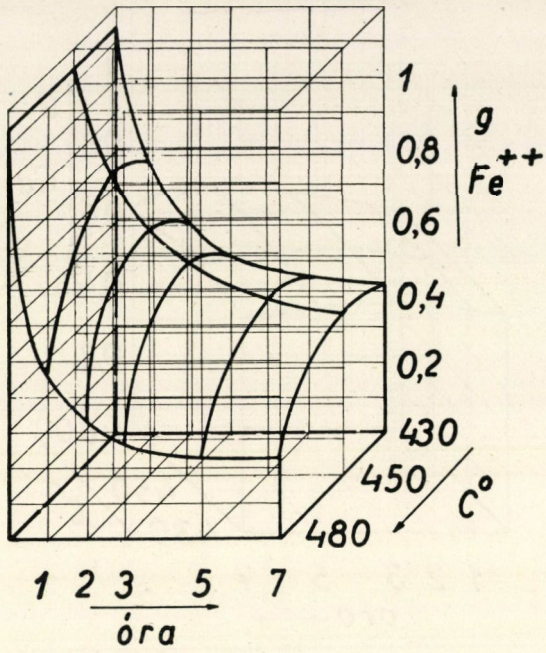
Ezek előrebocsátása után megállapíthatjuk, hogy a szulfátképződést a legjobban úgy segíthetjük elő, ha a pörkölést alacsony hőmérsékleten, kis levegőfelesleg jelenlétében végezzük. Mivel az egyensúly létrejöttéhez idő kell, azért előnyös a pörkölést hosszú időn át kis gázsebességgel végezni.



15. ábra.



16. ábra.



Ilyen alacsony hőmérsékleten végzett pörkölésnél azonban nemcsak réz-szulfát keletkezik, hanem vasszulfátok is képződnek, ezért célszerű a pörkölés végén a hőmérséklet emelése, hogy a vasszulfátok elbomljanak. Ez azért is előnyösnek ígérkezik, mert így akár a ferroszulfát disszociálódik (13. ábra), akár a ferriszulfát (14. ábra), a bomlás egyik terméke ferrioxid, a másik pedig kéntrioxid, illetve kéndioxid. A ferrioxid keletkezése előnyös, mert ez katalizátorként elősegíti az  $SO_3$ -képződést, a megnövekedett  $SO_3$ -koncentráció következtében pedig a még változatlan rézoxid egyrésze is szulfatizálódik és ezért már a vízzel való lúgzáskor is nagyobb rézkihozatalra számíthatunk.

A fenti megfontolások alapján a következőkben úgy dolgoztam, hogy egyik kísérletben  $400\text{ }^\circ\text{C}$ -on négy és fél óra hosszat pörkölt anyagot 430, 450, 480, illetve  $500\text{ }^\circ\text{C}$ -on különböző ideig tovább pörkölttem és a pörköléket a legtöbb esetben 3%-os kénsavval lúgoztam félóra hosszat, kavarással és melegítés közben.

A kísérleti eredmények felhasználásával — részben extrapolálással — készült a 15—18. ábra. Ezek mutatják, hogyan változik a 3%-os kénsavval oldatba hozható réz (15. ábra), vas (16. ábra), összes-vas (17. ábra), és ferrivas (18. ábra) mennyisége, ha a készrepörkölés hőmérsékletét és időtartamát változtatjuk.

Az ábrákból megállapítható, hogy a legjobb eredményt  $450\text{ }^\circ\text{C}$ -on, 3 óra hosszat végzett készrepörkölés után kapjuk. Megállapíthatjuk, hogy ebben az esetben a rézkihozatal 90% fölé emelkedett, holott utánpörkölés nélkül végzett pörkölésnél már a 80%-os rézkihozatal is kivételesen jó eredménynek számított.

A második pörkölésből kikerült, bizonyos ideig pörkölt anyagból — az ábra tanúsága szerint — a 3%-os kénsav akkor oldja a legtöbb összes vasat, ha a készrepörkölést  $450\text{ }^\circ\text{C}$ -on végezzük. Ezzel szemben az oldatba kerülő ferrivas mennyisége  $480\text{ }^\circ\text{C}$ -on végzett készrepörkölés után lesz a legtöbb.

## VI. A szemnagyság 0,18 mm-re való csökkentésének hatása

Az előző fejezetben leírt kísérletek ismertetésénél már megállapítottuk, hogy a legjobb rézkihozatal akkor kapjuk, ha a 0,9 mm maximális szemnagyságra őrölt nyersércet először 4,5 órahosszat  $400\text{ }^\circ\text{C}$ -on pörköljük, azután a pörkölés hőmérsékletét  $450\text{ }^\circ\text{C}$ -ra emeljük és az anyagot ezen a hőmérsékleten további 3 órán át pörköljük. Ezek szerint a pörkölés legmegfelelőbb időtartama 7,5 óra. Néhány kísérletet végeztem annak a megállapítására, hogy a szemnagyság csökkentésével lehet-e a pörkölés időtartamát, esetleg hőmérsékletét leszorítani.

Ezeknek a kísérleteknek a körülményeiről és a kapott eredményekről az 1. táblázat tájékoztat.

I. táblázat

A kísérlet sorszáma	A pörköléshez kerülő anyag		A pörkölés, ill. készre-pörkölés		A pörkölék súlya, %	A lúgzószér		100 g érc pörkölékének lúgzásából származó oldatban van, g				Rézkihozatal, %
	menyisége, g	szemnagysága, mm	hőmérséklete, C°	időtartama, óra		menyisége, cm <sup>3</sup> /100 g érc	minősége	Cu	Fe**	Fe	Fe***	
63	50	0,18	350	14,75	98,84	150	víz	—	0,3800	0,4900	0,1100	—
64	50	0,18	350	14,75	98,84	150	3%-os kénsav	0,1680	1,0100	1,1200	0,1100	22,40
65	50	0,18	400	4,5	97,08	150	3%-os kénsav	0,6660	1,0750	1,1700	0,0950	88,80
66	40	0,18	500	1,75	95,65	150	víz	0,6405	0,4120	0,4900	0,0780	85,50
67	50	0,18	500	1,75	96,—	150	3%-os kénsav	0,6600	0,8230	1,2000	0,3770	88,—



A 66. és 67. kísérletnél a 400 C°-on 4,5 órahosszat pörkölt anyagot 500 C°-on készre pörkölttem és ez a készrepörkölés mind a két kísérletnél 1,75 óra hosszat tartott.

Ebből a néhány kísérletből is megállapítható, hogy a szemmagyság csökkentésével nő az állandó hőmérsékleten végzett pörkölés után kilúgozható réz mennyisége és egyidejűleg csökken a pörkölésre fordítandó hőmérséklet és idő (lásd a 65. kísérletet). A rövid ideig tartó utánpörkölés (67. kísérlet) nem módosítja lényegesen a rézkihozataalt.

### VII. A szitaelemzésnél kapott termékek pörkölési és lűgzási viszonyai

A IV. fejezetben leírt vizsgálatokból (3. és 7. ábra) kitűnik, hogy a rézkihozatal a pörkölés hőmérsékletének és időtartamának a növelésével csak bizonyos határig nő, azután csökken. Ennek, amint láttuk, valószínűleg az a magyarázata, hogy magasabb hőmérsékleten végzett és hosszú ideig tartó pörkölésnél rézarzenát, -antimonát, -szilikát, esetleg -ferrit keletkezik.

Az eddigi kísérletekből az is megállapítható, hogy az ércet annál alacsonyabb hőmérsékleten és annál rövidebb idő alatt lehet megpörkölni, minél kisebb annak a szemmagysága. Ezeknek a tényeknek az ismeretében önként felvetődik a gondolat, hogy mivel a 0,9 mm alá őrölt anyagban is különféle nagyságú szemek fordulnak elő és mivel a különféle szemmagyságú részeknek más és más optimális pörkölési hőmérséklet és időtartam felel meg, nem lenne-célszerű az ércet pörkölés előtt szemmagyság szerint osztályozni és a különböző szemmagyságú termékeket az illető termékre nézve legmegfelelőbb hőmérsékleten külön-külön pörkölni.

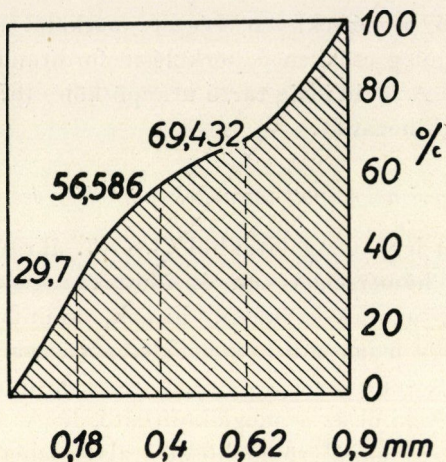
Ilyen megfontolások után végeztem az alább leírt kísérleteket.

A 0,9 mm maximális szemmagyságra őrölt nyersércet a 32, 44 és 90 csokros szita segítségével 4 részre különítettem. A termékeknek a nyersércre vonatkoztatott százalékos mennyiségéről a *II. táblázat* tájékoztat, a különböző frakciók réz- és vastartalmát pedig a *III. táblázat* tünteti fel.

II. táblázat

0,62—0,90	0,40—0,62	0,18—0,40	0,00—0,18	Megjegyzés
mm-es termék százalékos mennyisége				
29,—	12,60	27,38	31,02	
30,—	12,—	27,—	31,—	
31,07	12,95	27,40	28,58	
31,25	13,49	26,09	29,17	
31,52	13,19	26,56	28,73	
30,568	12,846	26,886	29,700	átlag

A II. táblázat adatainak felhasználásával készült a 19. ábra. A görbe ordinátái mutatják, hogy az érc hány százaléka esik át azon a szitán, amelynek méretét az ordinátához tartozó abszcissza határozza meg.



19. ábra.

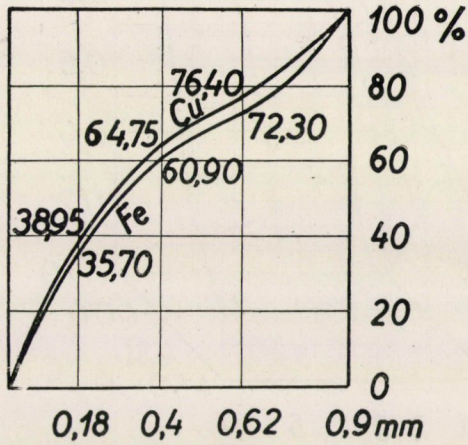
A III. táblázat értékeinek segítségével szerkesztett 20. ábrából azt olvashatjuk ki, hogy ha a 0,9 mm maximális szemnagyságra őrölt anyagot különböző sziták segítségével széjjelosztjuk, hogyan változik a szitán áteső rész réz- és vastartalma a szemnagyság függvényében.

III. táblázat

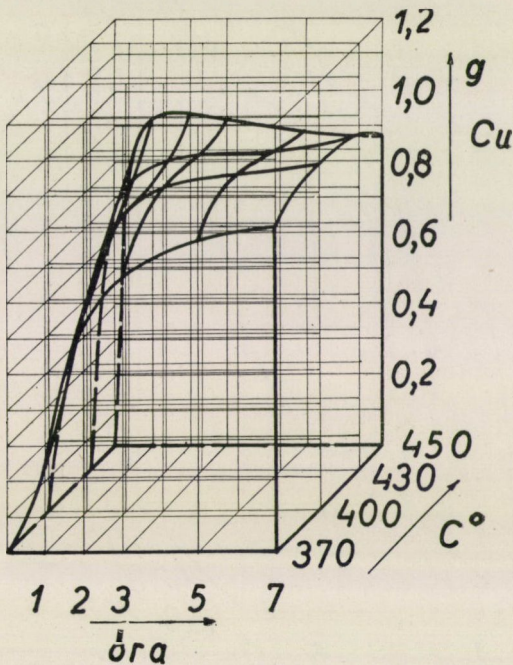
A termék szemnagysága, mm	A termékben lévő		100 g nyersércből keletkező termékben lévő		A nyersérc fémtartalmából a termékbe került fém mennyisége	
	Cu, %	Fe, %	Cu, g	Fe, g	Cu, %	Fe, %
0,62—0,90	0,5770	5,3500	0,1760	1,6350	23,60	27,70
0,40—0,62	0,6770	5,2500	0,0870	0,6750	11,65	11,40
0,18—0,40	0,7160	5,5400	0,1925	1,4900	25,80	25,20
0,00—0,18	0,9755	7,0800	0,2900	2,1000	38,95	35,70
0,00—0,90	0,7455	5,9000	0,7455	5,9000	100,—	100,—

A II. és III. táblázat adatainak birtokában vizsgáltam, hogy a szitaelemzésből kapott termékek számára milyen pörkölési hőmérséklet és idő a legmegfelelőbb, és hogy ilyen módon hogyan változik a rézkihozatal az előzőkben kapott eredményekhez képest.

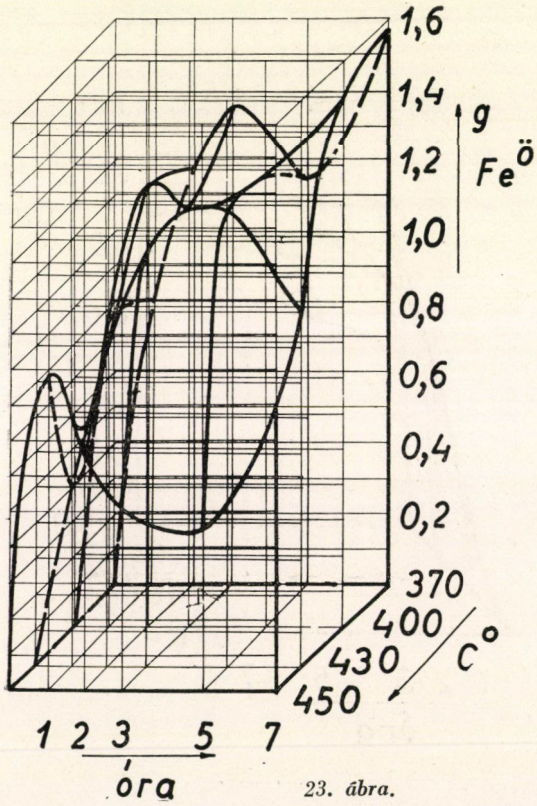
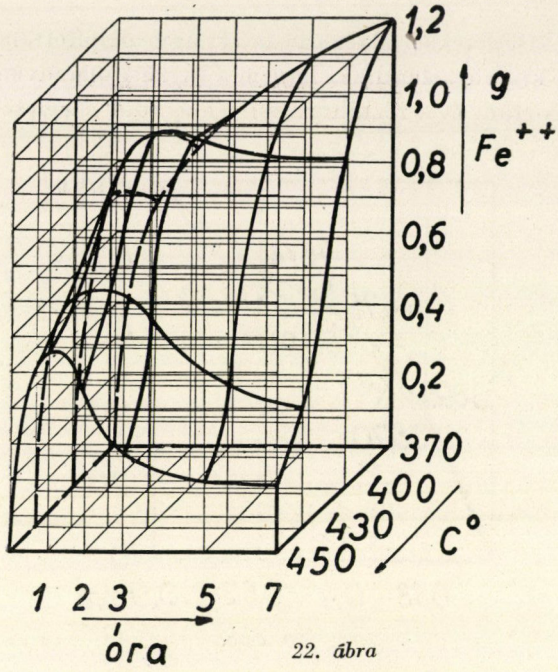
Ezeknél a kísérleteknél a rézkihozatalt úgy állapítottam meg, hogy nemcsak a lúgzásból kikerült oldatnak, hanem a lúgzási maradványnak a réztartalmát is meghatároztam és a rézkihozatalt e két adat ismeretében számítottam.



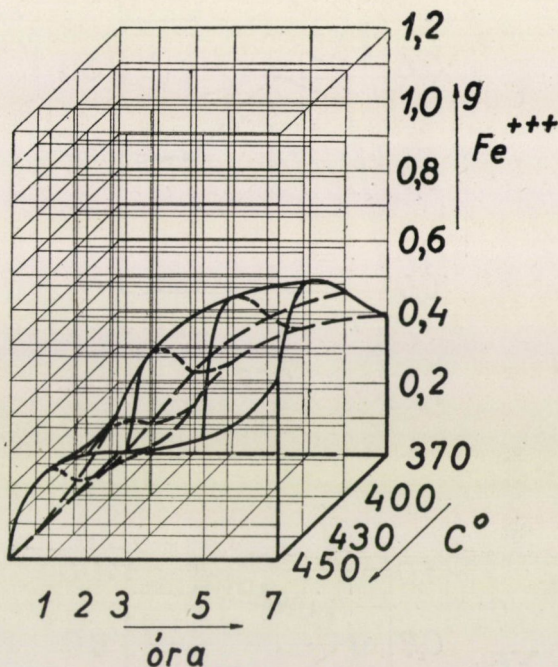
20. ábra.



21. ábra.

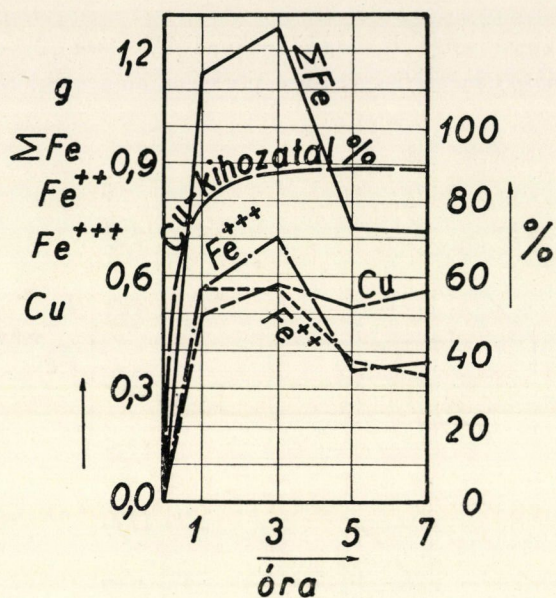


A végzett 39 kísérlet eredményeit a 21—28. ábrák szemléltetik. A 21—24. ábra azt mutatja, hogyan változik a 0,9 mm maximális szemmagyságra tört ércnek 0,18 mm szemmagyságúnál kisebb, 100 g-nyi mennyiségű részéből 3%-os kénsavval kilúgozható réz (21. ábra), ferrovas (22. ábra), összes-vas (23. ábra) és ferrivas (24. ábra) mennyisége, ha a pörkölés hőmérsékletét és időtartamát változtatjuk.

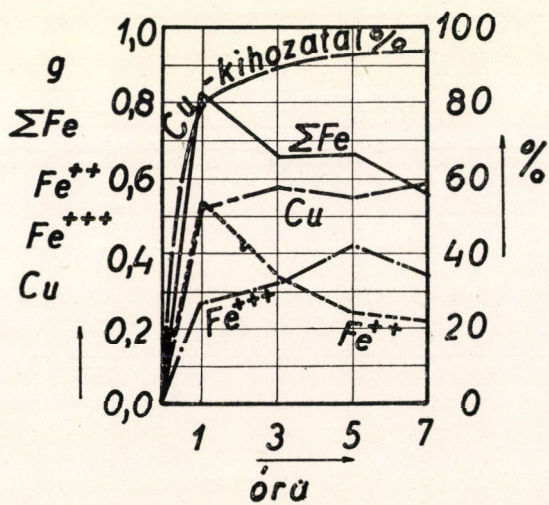


24. ábra.

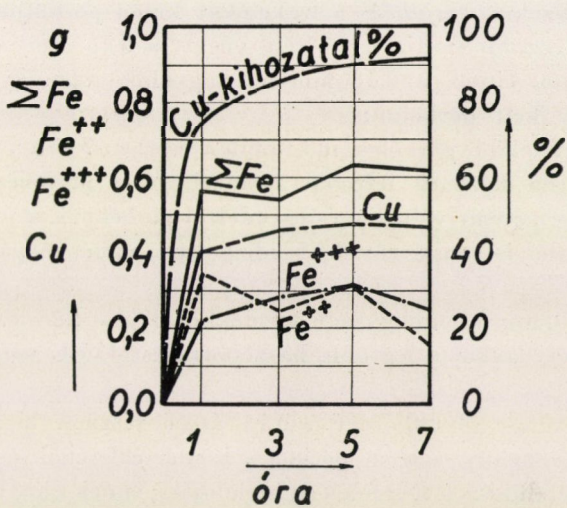
A 25. és 26. ábra azt szemlélteti, hogyan módosul 100 g, 0,18—0,40 mm-es frakció pörkölékéből kilúgozható réznek, ferro- és összes-vasnak a mennyisége, valamint a rézkihozatal nagysága, ha a 430 (25. ábra), illetve 450 C°-on (26. ábra) végzett pörkölés időtartamát változtatjuk. 100 g frakció pörkölékéből oldatba vihető réz, ferrovas, összes-vas mennyiségének és a rézkihozatalnak a 450 C°-on lefolytatott pörkölés időtartamával való ingadozását a 0,40—0,62 mm-es szemmagyságú rész esetén a 27., a 0,62—0,90 mm-es termék esetén pedig a 28. ábrából olvashatjuk ki.



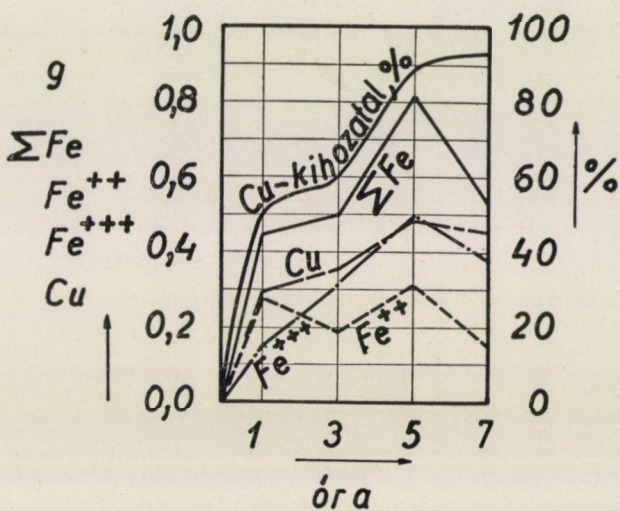
25. ábra.



26. ábra.



27. ábra.



28. ábra.

A kísérleti eredmények birtokában a következőket állapíthatjuk meg:

1. igen jó rézkihozatalt kapunk, ha pörkölés előtt az ércet különböző szemmagyságú részekre *osztjuk* és a frakciókat külön pörköljük ;

2. a legkedvezőbb eredmény elérése végett a 0,18 mm-nél kisebb szemmagyságú részt 400 C°-on, a 0,18 mm-nél nagyobb szemmagyságú frakciókat pedig 450 C°-on kell pörkölni ;

3. a legmegfelelőbb pörkölési idő minden esetben 7 óra ;

4. az oldatba hozható ferrovas mennyisége a pörkölés időtartamával maximumos görbe szerint változik és ezeknek a görbéknek a maximuma annál kisebb és a pörkölés is annál rövidebb ideig tart, minél magasabb a pörkölés hőmérséklete ;

5. a 0—0,18 mm szemmagyságú termékből 3%-os kénsavval kilúgozható ferrivas mennyisége akkor a legtöbb, ha a pörkölést 430 C°-on, hosszú időn át végezzük ;

6. a 0,18 mm-es lyukbőségű szitán áteső résznek lúgzásánál oldatba kerülő összesvas mennyisége a pörkölés hőmérsékletével és időtartamával különleges nyeregfelületnek megfelelően ingadozik ; ennek oka, hogy a lúgzásból kikerült oldat ferrovastartalma a lúgzást megelőző pörkölés hőmérsékletének és időtartamának a változásával egészen másképpen változik, mint az oldatban lévő ferrivas mennyisége ;

7. A 21—24. ábrából megállapíthatjuk, hogy a legkedvezőbb rézkihozatal akkor kapjuk, ha a pörkölést olyan hőmérsékleten végezzük, hogy a pörkölék lúgzásánál keletkező oldatban a ferrovas mennyisége már csökkenjen, de a ferrovastartalom még ne érje el a maximumot ;

8. A 25—28. ábrából a már említettekkel megegyező törvényszerűségek olvashatók ki.

### VIII. Összefoglalás

Ebben a munkában azokat a laboratóriumi kísérleteket ismertettem, amelyeknek célja volt megállapítani, milyen körülmények között végzett pörkölés után és hogyan lehet a recski enargitos rézérc réztartalmát a legnagyobb kihozattal kilúgozni. A kísérletekből megállapítható, hogy

1. az ércet pörkölés előtt legalább 0,9 mm szemmagyságra kell őrölni ;

2. a lúgzást legcélszerűbb 3%-os kénsavval végezni ;

3. állandó hőmérsékleten végzett pörkölésnél a 0,9 mm-nél kisebb szemmagyságú érc pörkölékéből a 3%-os kénsav akkor lúgozza ki a legtöbb rézet, ha a pörkölést 450, illetve 500 C°-on 14 órahosszat végezzük ; ilyenkor a rézkihozatal 68, illetve 73,6%-os ;

4. a rézkihozatal a pörkölés hőmérsékletének és időtartamának a növelésével csak bizonyos határig nő, azután csökken. Ennek valószínűleg az az oka, hogy magasabb hőmérsékleten végzett és hosszú ideig tartó pörkölésnél hig



kénsavban vagy egyáltalán nem, vagy csak igen rosszul oldódó rézarzenát, -antimonát, -szilikát, esetleg -ferrit keletkezik.

5. az érc, illetve pörkölék réztartalmának több, mint 90%-át oldatba vihetjük, ha a 400 C°-on 4,5 órahosszat előpörkölt anyagot 450 C°-on, 3 órán át készrepörköljük.

6. az ércet annál alacsonyabb hőmérsékleten, annál rövidebb idő alatt lehet jól megpörkölni, minél kisebb annak a szemmagysága ;

7. a legkedvezőbb eredményt akkor kapjuk, ha a 0,9 mm alá őrölt ércet a 0,18 mm lyukbőségű szita segítségével két részre osztjuk és a szitán áteső részt 400 C°-on, a 0,18—0,90 mm szemmagyságú frakciót pedig 450 C°-on pörköljük 7 óra hosszat ; ilyenkor a rézkihozatal jóval nagyobb, mint 90% ;

8. a 4. pont alatt felsorolt okok miatt nem lehet a pörkölést úgy végezni hogy a rákövetkező lúgzásnál a réz legnagyobb része oldatba menjen és a pörkölékben lévő vas vagy egyáltalán ne, vagy csak igen kis mértékben oldódjék.

Magától értetődik, hogy a leírt laboratóriumi kísérletek eredményei nem alkalmazhatók minden további nélkül nagyüzemi kísérletekre, de mivel a recski érc hidrometallurgiai feldolgozása 100 év óta sok fejlődést okozott a fémkohászoknak, remélhető, hogy azok esetleges nagyüzemi kísérletek céljára hasznos útmutatást nyújtanak.

#### IRODALOM

*F. M. Loszkutov* : Metallurgija Cinka, Metallurgizdat, Moszkva, 1945.

*W. Baukloh* : Die physikalisch-chemischen Grundlagen der Metallurgie, Akademie Verlag, Berlin, 1949.

*Prof. Széki J. és Prof. dr. Romwalter A.* : Die Strukturformel des Enargits. Mitteilungen der berg- und hüttenmännischen Abteilung an der kgl. ung. Hochschule für Berg- und Forstwesen zu Sopron, Ungarn, (1933.) 57—60. oldal.

*Prof. dr. Vitális I.* : Der Gold-, Silber- und Kupfererzbergbau zu Reesk, in Ungarn. Mitteilungen der berg- und hüttenmännischen Abteilung an der kgl. ung. Hochschule für Berg- und Forstwesen zu Sopron, Ungarn, (1933.) 1—36. o.

*Prof. dr. Vitális I.* : Die kgl. ung. Erzgrube bei Reesk. Mitteilungen der berg- und hüttenmännischen Abteilung an der kgl. ung. Palatin Joseph-Universität für technische und Wirtschaftswissenschaften Sopron, Ungarn, (1937.) 125—132. oldal.

*Dr. Horváth Z.* : Das Reinigen von unreinen Kupfersulfatlösungen. Acta Technica Academiae Scientiarum Hungaricae, Budapest, (1950). 110—129. oldal.

*Hesse Robert* : Die Betriebe der Kupfererzbergbau-Gewerkschaft »Oss Mazzurana« in Predazzo ; Metallurgie (1909) 569—595. oldal.

*Grothe H.* : Studie über die Wirtschaftlichkeit der Zinkgewinnung aus den Laugen chlorierend gerösteter Kiesabbrände ; Metall und Erz (1932). 145—149. és 294—298. oldal.

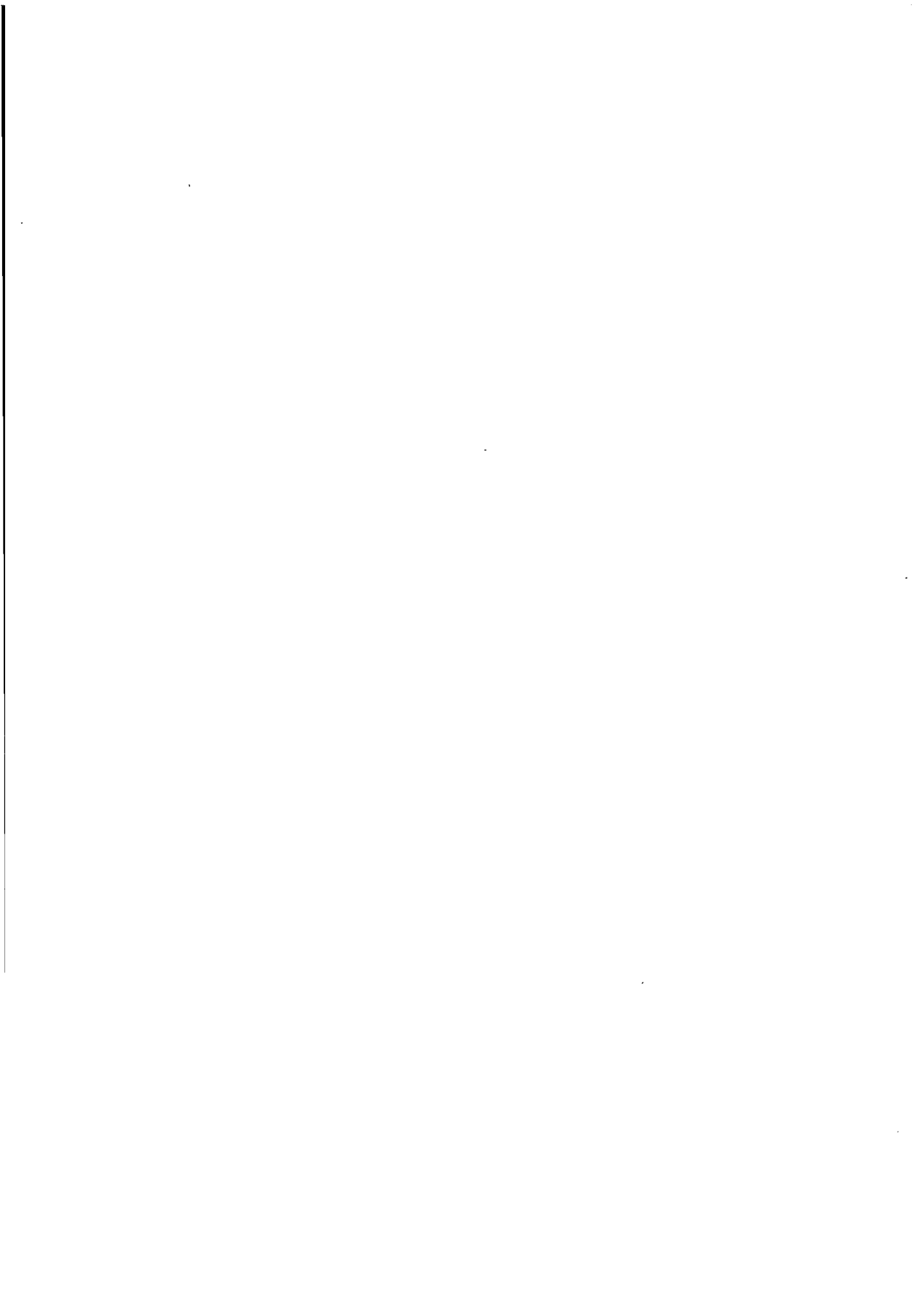
*Millberg C.* : Kupfererzgewinnung aus Kiesabbränden und minderwertigen Kupfererzen ; Chemiker Zeitung (1906). 511—513. oldal.

*Millberg C.* : Abrüstung und Extraktion von kupferhaltigen Kiesabbränden ohne chlorierende Röstung ; Chemiker-Zeitung (1907). 1143—1145. oldal.

*Richard* : Über sulfatisierende Röstung Kupferhaltiger Kiese und Kieseabbrände. Chemiker-Zeitung (1908). 5. oldal és (1912). 565. oldal.

*Ashcroft E. A.* : Sulfatizing Roasting, Engineering and Mining Journal (1933). 420—421. o.

*Prof. Széki J. és dr. Romwalter A.* : Die Gewinnung von Arsenverbindungen und Schwefel aus sulfarsensauerem Kupfererzen. Mitteilungen der berg- und hüttenmännischen Abteilung an der kgl. ung. Palatin Joseph-Universität für technische und Wirtschaftswissenschaften Sopron, Ungarn, (1934). 47—51. oldal.



# SZÁRNYLAPÁTOS VÍZGÉPEKNÉL ALKALMAZHATÓ SZÁRNYMETSZETEK SZERKESZTÉSE

GRUBER JÓZSEF

*Beérkezett 1951. március 30.*

A szárnylapátos vízgépek méretezésénél elkerülhetetlenül szükséges a kavitáció szempontjából történő ellenőrzés. Ehhez a lapáton előálló legnagyobb depressziót ismernünk kell. A következőkben röviden összefoglalom ennek a számításnak a lényegét.

Ismeretes, hogy egy szárnymetszeten előálló legkisebb nyomás a következőképpen fejezhető ki:

$$\frac{p_{\min} - p_{\infty}}{\frac{\rho}{2} w_{\infty}^2} = a(C_L)$$

ahol  $p_{\min}$  a szárnymetszeten előálló legkisebb nyomás (absz),  $p_{\infty}$  a nyomás  $w_{\infty}$  sebesség mellett azon a helyen, ahol a szárny van, de a szárnyat eltávolítottnak elképzelve és  $w_{\infty}$  a »megfúvási sebesség«.  $a(C_L)$  így egy negatív szám lesz. A szárnymetszet kavitáció szempontjából annál kedvezőbb, mennél kisebb  $a(C_L)$  abszolút értéke — azonos  $C_L$  felhajtóerő-tényező mellett.

$a(C_L)$  értéke a szárnymetszet alakjától függ. Elméletileg tetszőleges szárnymetszet esetén is meghatározható a nyomáseloszlás és így  $a(C_L)$  is. A gyakorlat szempontjából azonban helyesebb, ha nem a meglévő szárnymetszetek fáradtságos ellenőrzéséhez folyamodunk — kitéve magunkat annak, hogy a számítás végén kiderül a felvett metszetről, hogy kedvezőtlen — hanem a feladatnak megfelelő szárnymetszetet magunk szerkesztjük meg az alábbiakban ismertetett irányelvek alapján.

Nézzük meg már most, hogy a legideálisabb esetben egy végtelen vékony szárnymetszet esetében hogyan fog alakulni  $a(C_L)$  értéke?

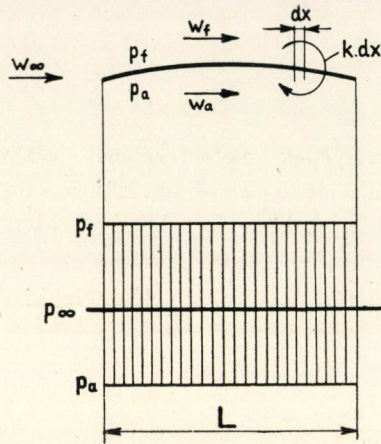
Nyilvánvaló, hogy egy megadott  $C_L$  felhajtóerőtényező esetében a depresszió csúcserőértéke akkor minimális, ha a szárnymetszet teljesen egyenletesen van terhelve (1. ábra). Egyenletes eloszlást egyenletes cirkuláció eloszlással lehetne elérni, vagyis

$$\Gamma = \int_0^L k dx = kL \text{ esetben.}$$

Mivel

$$\Gamma = \frac{w_\infty}{2} LC_L, \text{ így}$$

$$k = \frac{w_\infty}{2} C_L$$

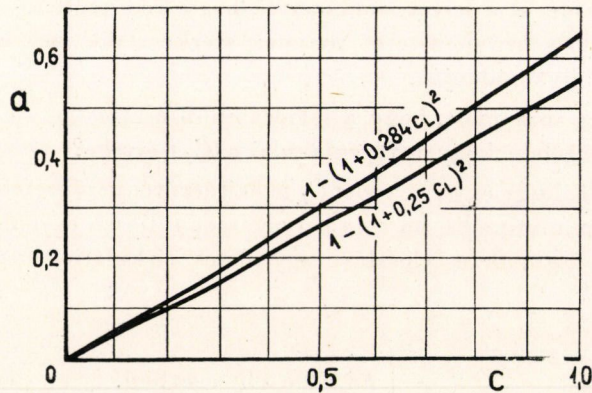


1. ábra.

A  $k$  értéke a nyomásokkal a következőképpen függ össze: a szárny domború oldalán a sebesség nagyobb, a homorú oldalán kisebb lesz. Így Bernoulli egyenlete alapján

$$p_\infty + \frac{\rho}{2} w_\infty^2 = p_f + \frac{\rho}{2} w_f^2 \text{ és}$$

$$p_\infty + \frac{\rho}{2} w_\infty^2 = p_a + \frac{\rho}{2} w_a^2$$



2. ábra.

azonban  $w_f = w_\infty + \Delta w$  és

$$w_a = w_\infty - \Delta w, \quad \text{ahol}$$

$$\Delta w = \frac{\Gamma}{2L} = \frac{k}{2} = \frac{w_\infty}{4} C_L$$

Behelyettesítve :

$$p_f - p_a = a(C_L) = 1 - \left(\frac{w_f}{w_\infty}\right)^2 = 1 - \left(\frac{w_\infty + \frac{w_\infty}{4} C_L}{w_\infty}\right)^2 =$$

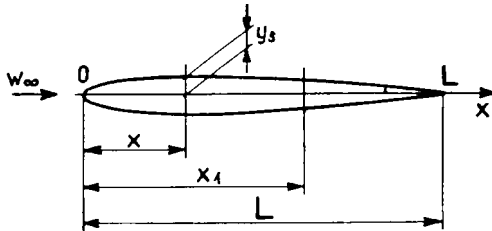
$$\frac{\rho}{2} w_\infty^2 = 1 - (1 + 0,25C_L)^2.$$

Ezt az összefüggést a 2. ábra szemlélteti. Vizsgáljuk most meg, hogy miképpen lehet — viszonylag egyszerű számítási eljárással — a fenti ideális esetet megközelítő szárnymetszetet szerkeszteni.

Ismeretes, hogy vékony és nem túl ívelt szárnymetszetek felülete mentén abban az esetben, ha a torlópont a belépőélre esik, a sebességeloszlást jó közelítéssel a következőképpen lehet kifejezni :

$$\frac{w}{w_\infty} = 1 + g_s \pm g_i,$$

ahol  $g_s$  a vastagság és  $g_i$  az íveltség befolyása külön-külön,  $w$  a sebesség a szárnymetszet egy pontján. A + előjel a szárnymetszet domború, a — előjel a homorú oldalára vonatkozik.  $g_s$  és  $g_i$  természetesen a szárnymetszet különböző pontjainak megfelelően változó értékek. Vizsgáljuk először a vastagság befolyását. Képzünk el egy szimmetrikus szárnymetszetet, 0 állásszöggel egy párhuzamos áramlásba helyezve (3. ábra).



3. ábra.

A vázvonatra — amely itt a 0 — L egyenes — forrásokat, illetőleg nyelőket helyezve, alkalmas eloszlással, előállíthatjuk a megkívánt — egyébként tetsző-

leges — szárnymetszetet. Könnyű kimutatni, hogy a szükséges forrásbőség hosszegységenként

$$2 w_{\infty} \frac{dy}{dx}$$

jó közelítéssel. Ugyanis az  $x$  metszettől balra levő összes források bősége

$$\int_0^x 2 w_{\infty} \frac{dy}{dx} dx = 2 w_{\infty} y(x) .$$

Ez a folyadékmennyiség  $w_{\infty}$ -tól csak kissé eltérő sebességgel halad át  $+x$  irányban az  $x$  helyen, tehát a szükséges keresztmetszet

$$\frac{2 w_{\infty} y(x)}{w_{\infty}} = 2 y(x) ,$$

vagyis éppen a szándékolt vastagság. Természetesen a forrásbőségre alkalmazott fenti összefüggés csupán közelítés, hiszen a források sebességeket indukálnak a vázvonalon és a szárnymetszet kerületének minden pontján, amelyek a  $w_{\infty}$ -hez (geometriai értelemben) hozzáadódnak. Éppen ezeknek az indukált sebességeknek az ismerete szükséges ahhoz, hogy a sebességet a metszet kerületének minden pontján meghatározhassuk.

Egy az  $x$  helyen elhelyezett

$$2 w_{\infty} \frac{dy}{dx} dx$$

bőségű forrás által az  $x_1$  helyen keltett sebesség értéke

$$dc_i = \frac{2w_{\infty} \frac{dy}{dx} dx}{2\pi (x_1 - x)} ,$$

tehát a vázvonalon elhelyezett összes források által indukált sebesség

$$c_i = - \frac{w_{\infty}}{\pi} \int_0^L \frac{\frac{dy}{dx}}{x - x_1} dx .$$

Vékony szárnymetszeteknél a kerület közel esik a vázvonalhoz és így ott is ezzel a sebességgel számolhatunk. Így

$$w = w_{\infty} + c_i = w_{\infty} - \frac{w_{\infty}}{\pi} \int_0^L \frac{\frac{dy}{dx}}{x - x_1} dx \text{ lesz, vagyis}$$

$$\frac{w}{w_\infty} = 1 - \frac{1}{\pi} \int_0^1 \frac{dy_s}{\xi - \xi_1} d\xi, \text{ ahol } \xi = \frac{x}{L}, \xi_1 = \frac{x_1}{L} \text{ és } y_s = \frac{y}{L}.$$

Írható tehát, hogy

$$\frac{w}{w_\infty} = 1 + g_s \text{ ahol } g_s = - \frac{1}{\pi} \int_0^1 \frac{dy_s}{\xi - \xi_1} d\xi$$

Ha tehát  $y_s$ , mint  $\xi$  függvénye ismeretes, úgy  $g_s$  kiszámítható. Megjegyezzük, hogy a szárnymetszet két végénél ( $\xi = 0$  és  $\xi = 1$ ), valamint ezek közelében a számítás nem ad pontos értéket, ez az eltérés azonban a kavitáció szempontjából érdektelen.

A szárnylapátos vízgépeknél alkalmazott szárnymetszeteknél  $(y_s)_{\max} = 0,01-0,03$ , vagyis a szárnymetszetek 2—6% vastagságúak általában. Ezeknél  $g_s$  értékének maximuma, mint azt később látni fogjuk, mintegy 0,03—0,09, tehát az egységnyi hosszra eső forrásbőségre alkalmazott

$$2 w_\infty \frac{dy}{dx}$$

feltevésben is ekkora hibát követtünk el.

A következőkben példaképpen két egyszerű szimmetrikus szárnymetszet esetére kiszámítjuk a  $g_s$  értékét.

Az első példában legyen  $y_s = \sqrt{\xi} (1 - \xi^2)$ .

Ez a szárnymetszet  $(y_s)_{\max} = 0,535$  értéket ad, tehát 107% vastag metszetről van szó. Mivel  $g_s$  értéke lineárisan függ a vastagságtól, így nincs akadálya annak, hogy bármilyen százalékos vastagságra  $g_s$ -t meghatározzuk.

Mivel

$$\frac{dy_s}{d\xi} = \frac{1}{2\sqrt{\xi}} - \left( \frac{\xi^2}{2\sqrt{\xi}} + 2\xi\sqrt{\xi} \right) = \frac{1}{2\sqrt{\xi}} - \frac{\xi^2}{2\sqrt{\xi}} - 2\xi\sqrt{\xi},$$

így

$$\int_0^1 \frac{dy_s}{\xi - \xi_1} d\xi = \frac{1}{2} \int_0^1 \frac{d\xi}{\sqrt{\xi} (\xi - \xi_1)} - \frac{1}{2} \int_0^1 \frac{\xi^2 d\xi}{\sqrt{\xi} (\xi - \xi_1)} - 2 \int_0^1 \frac{\xi\sqrt{\xi} d\xi}{\xi - \xi_1} =$$

$$= \frac{1}{2} \int_0^1 \frac{d\xi}{\sqrt{\xi} (\xi - \xi_1)} - \frac{1}{2} \left[ \int_0^1 \frac{\xi d\xi}{\sqrt{\xi}} + \xi_1 \int_0^1 \frac{d\xi}{\sqrt{\xi}} + \xi_1^2 \int_0^1 \frac{d\xi}{\sqrt{\xi} (\xi - \xi_1)} \right] -$$

$$\begin{aligned}
 & - 2 \left| \int_0^1 \sqrt{\xi} d\xi + \xi_1 \int_0^1 \frac{\sqrt{\xi} d\xi}{\xi - \xi_1} \right| = \\
 & \left( \frac{1 - \xi_1^2}{2} \right) \int_0^1 \frac{d\xi}{\sqrt{\xi}(\xi - \xi_1)} - 2,5 \int_0^1 \sqrt{\xi} d\xi - \frac{\xi_1^2}{2} \int_0^1 \frac{d\xi}{\sqrt{\xi}} - 2\xi_1 \int_0^1 \frac{\sqrt{\xi} d\xi}{\xi - \xi_1} = \\
 & = - \left( \frac{5}{3} + \xi_1 \right) + \frac{1}{2} \left( 1 - \xi_1^2 \right) \int_0^1 \frac{d\xi}{\sqrt{\xi}(\xi - \xi_1)} - 2\xi_1 \int_0^1 \frac{\sqrt{\xi} d\xi}{\xi - \xi_1}.
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Itt} \quad I_1 &= \int_0^1 \frac{d\xi}{\sqrt{\xi}(\xi - \xi_1)} = - \frac{1}{\sqrt{\xi_1}} \ln \frac{\sqrt{\frac{1}{\xi_1}} + 1}{\sqrt{\frac{1}{\xi_1}} - 1} \quad \text{és} \\
 I_2 &= \int_0^1 \frac{\sqrt{\xi} d\xi}{\xi - \xi_1} = 2 - \sqrt{\xi_1} \ln \frac{\sqrt{\frac{1}{\xi_1}} + 1}{\sqrt{\frac{1}{\xi_1}} - 1}.
 \end{aligned}$$

Vagyis

$$g_s = - \frac{1}{\pi} \int_0^1 \frac{dy_s}{\xi - \xi_1} d\xi = \frac{1}{\pi} \left[ \left( \frac{5}{3} + \xi_1 \right) + \left( \frac{1 - \xi_1^2}{2\sqrt{\xi_1}} - 2\xi_1\sqrt{\xi_1} \right) \ln \frac{\sqrt{\frac{1}{\xi_1}} + 1}{\sqrt{\frac{1}{\xi_1}} - 1} \right].$$

A profil alakját 10%-os vastagságra átszámítva, valamint  $g_s$  értékét a 4., ill. 5. ábrák mutatják.

A második példa legyen :  $y_s = \sqrt{\xi} (1 - \xi)$ .

Ez 77% vastagságú metszetet ad.

$$\text{Itt} \quad \frac{dy_s}{d\xi} = \frac{1}{2\sqrt{\xi}} - \frac{3}{2}\sqrt{\xi}$$



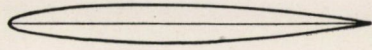
és így

$$\int_0^1 \frac{dy_s}{\xi - \xi_1} d\xi = \frac{1}{2} \int_0^1 \frac{d\xi}{\sqrt{\xi} (\xi - \xi_1)} - \frac{3}{2} \int_0^1 \frac{\sqrt{\xi} d\xi}{\xi - \xi_1} -$$

$$= -3 - \frac{1 - 3\xi_1}{2 \sqrt{\xi_1}} \ln \frac{\sqrt{\frac{1}{\xi_1}} + 1}{\sqrt{\frac{1}{\xi_1}} - 1}.$$

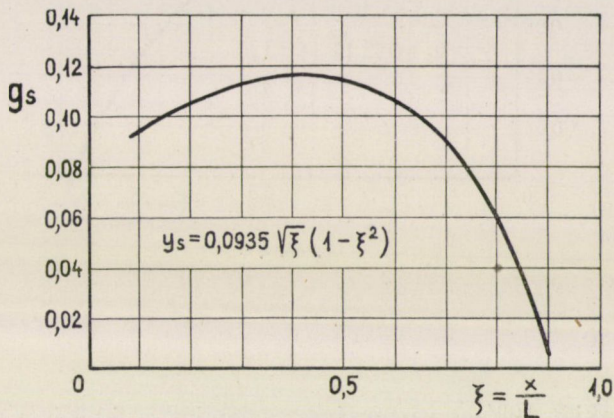
vagyis

$$g_s = \frac{1}{\pi} \left( 3 + \frac{1 - 3\xi_1}{2 \sqrt{\xi_1}} \ln \frac{\sqrt{\frac{1}{\xi_1}} + 1}{\sqrt{\frac{1}{\xi_1}} - 1} \right).$$

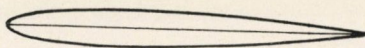


$\xi$	$0,0935 \sqrt{\xi} (1 - \xi^2)$
0,05	0,0209
0,1	0,0293
0,2	0,0402
0,3	0,0466
0,4	0,0496
0,5	0,0496
0,6	0,0464
0,7	0,0399
0,8	0,0301
0,9	0,0169
1,0	0

4. ábra.

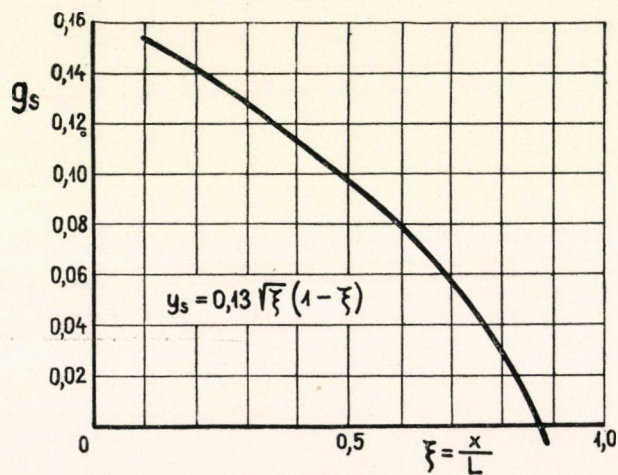


5. ábra.



$\xi$	$0,13\sqrt{\xi(1-\xi)}$
0,05	0,0276
0,1	0,0369
0,2	0,0465
0,3	0,0499
0,4	0,0492
0,5	0,0460
0,6	0,0403
0,7	0,0326
0,8	0,0233
0,9	0,0123
1,0	0

6. ábra.



7. ábra.

A szelvény alakját 10%-os vastagságra, valamint  $g_s$  értékét a 6., ill. 7. ábrák mutatják.

Természetesen egyéb, bonyolultabb összefüggésekkel kifejezhető szárny-metszetalak esetében is kiszámítható  $g_s$  értéke, a fent közölt két esetet csupán példaképpen közöltem.

$g_s$  fent kiszámított értékei  $0^\circ$  állásszög, tehát szimmetrikus áramlás esetére vonatkoznak. Szimmetrikus szárnymetszet  $0^\circ$  állásszögnél azonban nem ad felhajtóerőt.

Vízgépek céljaira alkalmas szárnymetszetnek felhajtóerőt kell létesítenie. Hogy előbbi megfontolásaink érvényben maradhassanak, ahhoz az szükséges, hogy felhajtóerő előállítás esetében is az első torlópont a szárnymetszet orr-pontjára essék, mivel csak abban az esetben fejezhető ki a helyi sebesség a fenti

$$\frac{w}{w_\infty} = 1 + g_s \pm g_i$$

egyszerű alakban. Kavitáció szempontjából is ez a kedvező helyzet, mert ha a torlópont nem esik a belépőélre, akkor a belépőél körüláramlásánál nagy sebességek lépnek fel.

Az egyszerűség kedvéért most vizsgáljuk külön az íveltség befolyását. Képzeljünk tehát egy vastags ágnélküli, megfelelően ívelt lapot az áramlásba helyezve. Az íveltségnek és az állásszögnek olyannak kell lennie, hogy a cirkulációeloszlás az egyenletes eloszlást — amely a legideálisabb — mennél jobban megközelítse.

Viszonylag egyszerű számítási eljárással a célt a következőképpen lehet elérni.

A vékony szárnymetszetek elmélete szerint a szárnymetszet vázvonalaának hosszát  $L$ -el, egy közbenső pont helyét  $x$ -el jelölve és bevezetve a

$$\cos \varphi = 1 - 2 \frac{x}{L} = 1 - 2\xi$$

új változót, az egységnyi hosszra eső cirkulációt a következőképpen írhatjuk:

$$k = 2w_\infty \left( A_0 \operatorname{ctg} \frac{\varphi}{2} + \sum_1^\infty A_n \sin n\varphi \right)$$

Itt az  $A$  együtthatók az állásszögtől, valamint a vázvonala alakjától függenek.

Amennyiben a vázvonala alakja a  $\xi = \frac{1}{2}$ -nél meghúzott ordinátára

szimmetrikus és az állásszög — vagyis az áramlási iránynak a vázvonala húrjával

bezárt szöge — zérus, úgy  $A_0$  értéke kimutathatóan 0. Ebben az esetben  $k$  értéke a  $\xi = 0$  helyen 0, vagyis a torlópont éppen a belépőélre esik.

Az egyszerűség kedvéért a Fourier sorral csupán a harmadik tagig megyünk el.

Ebben az esetben az eloszlás úgy a legegyszerűsebb, ha  $A_3 = \frac{A_1}{9}$ , mert így  $A_1 \sin \varphi + A_3 \sin 3\varphi$ -nek a  $0 - \pi$  szakaszon még éppen csak egy szélső értéke van. Mivel szimmetrikus eloszlást akarunk, a páros indexű együtthatók értéke természetesen 0.

A fenti megfontolással

$$k = 2w_\infty A_1 \left( \sin \varphi + \frac{1}{9} \sin 3\varphi \right) \text{ lesz,}$$

vagyis

$$k = 2w_\infty A_1 \left[ \sin \varphi + \frac{1}{9} (3 \sin \varphi - 4 \sin^3 \varphi) \right] =$$

$$= 2w_\infty A_1 \left( \frac{4}{3} \sin \varphi - \frac{4}{9} \sin^3 \varphi \right) \text{ eredményre jutunk.}$$

Mivel  $\cos \varphi = 1 - 2\xi$ ,  $\sin \varphi = \sqrt{1 - (1 - 2\xi)^2} = 2\sqrt{\xi - \xi^2}$ ,

így  $k = 2w_\infty A_1 \left[ \frac{4}{3} \cdot 2\sqrt{\xi - \xi^2} - \frac{4}{9} \left( 2\sqrt{\xi - \xi^2} \right)^3 \right] =$

$$= \frac{16}{9} w_\infty A_1 \left[ 3\sqrt{\xi - \xi^2} - 4(\xi - \xi^2)^{\frac{3}{2}} \right].$$

Mivel  $g_i = \frac{\Delta w}{w_\infty} = \frac{k}{2w_\infty}$  (ahol  $\Delta w$  a cirkuláció miatt előálló többlet-

sebesség a szárny domború oldalán)

$$g_i = \frac{8}{9} A_1 \left[ 3(\xi - \xi^2)^{\frac{1}{2}} - 4(\xi - \xi^2)^{\frac{3}{2}} \right]. \text{ A vékony szárnymetsze-}$$

tek elméletéből következik, hogy

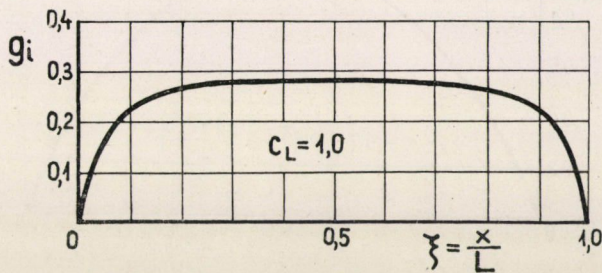
$$C_L = \pi A_1, \quad \text{így}$$

$$g_i = \frac{8}{9} \frac{C_L}{\pi} \left[ 3(\xi - \xi^2)^{\frac{1}{2}} - 4(\xi - \xi^2)^{\frac{3}{2}} \right]$$

Ennek a függvénynek a  $\xi = 0,5$ . helyen levő maximuma

$$(g_i)_{\max} = 0,284 C_L$$

$C_L = 1$  esetében  $g_i$  a 8. ábrán van feltüntetve.



8. ábra.

Nézzük meg, hogy miképpen alakul a  $(C_L)$ ?

Mint tudjuk, a

$$(C_L) = 1 - \left( \frac{w_{f \max}}{w_\infty} \right)^2 = 1 - \left( \frac{w_\infty + \Delta w_{\max}}{w_\infty} \right)^2 = 1 - (1 + 0,284 C_L)^2.$$

Ezt az összefüggést a 2. ábrán szintén feltüntettük. Látható, hogy az ideális esetnél nem lényegesen rosszabb az eredmény.

Most még a fenti cirkulációeloszlást előidéző vázvonallakját határozzuk meg. Amennyiben  $y_i = \frac{y_c}{L}$ , ahol  $y_c$  a vázvonallakjának ordinátája, úgy, mint ismeretes:

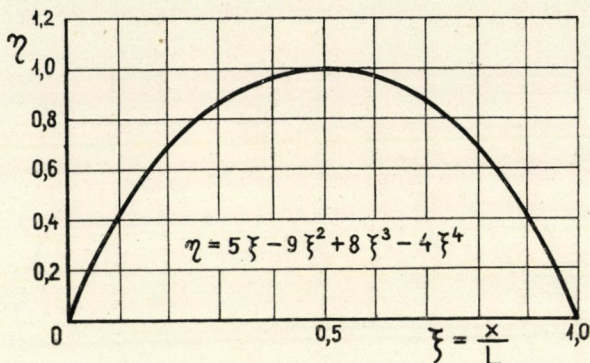
$$\begin{aligned} \frac{dy_i}{d\xi} &= A_1 \left( \cos \varphi + \frac{1}{9} \cos 3\varphi \right) = A_1 \left[ \cos \varphi + \frac{1}{9} (4 \cos^3 \varphi - 3 \cos \varphi) \right] = \\ &= A_1 \left( \frac{2}{3} \cos \varphi + \frac{4}{9} \cos^3 \varphi \right). \end{aligned}$$

Mivel  $\cos \varphi = 1 - 2\xi$

$$\frac{dy_i}{d\xi} = A_1 \left[ \frac{2}{3} (1 - 2\xi) + \frac{4}{9} (1 - 2\xi)^3 \right], \text{ innen}$$

$$y_i = \frac{2}{9} A_1 (5\xi - 9\xi^2 + 8\xi^3 - 4\xi^4) = \frac{2}{9\pi} C_L (5\xi - 9\xi^2 + 8\xi^3 - 4\xi^4).$$

A zárójelben levő kifejezés ( $\eta$ ) negyedfokú parabola (9. ábra), maximuma van  $\xi = 0,5$  helyen és ennek értéke 1.



9. ábra.

$$\text{Így } y_{i \max} = \frac{2}{9\pi} C_L \quad \text{és} \quad C_L = \frac{9}{2} \pi y_{i \max}.$$

A fentebb kiszámított  $g_i$  értékek 0 állásszögre vonatkoznak. Minden előírt  $C_L$  értékhez egy más íveltségű vázvonlat tartozik, a vázvonlatok megfelelő ordinátái azonban arányosak. Például vegyük fel, hogy  $C_L = 0,5$  értéket kell a szárnymetszetnek előállítania. A vázvonlat legnagyobb ordinátája

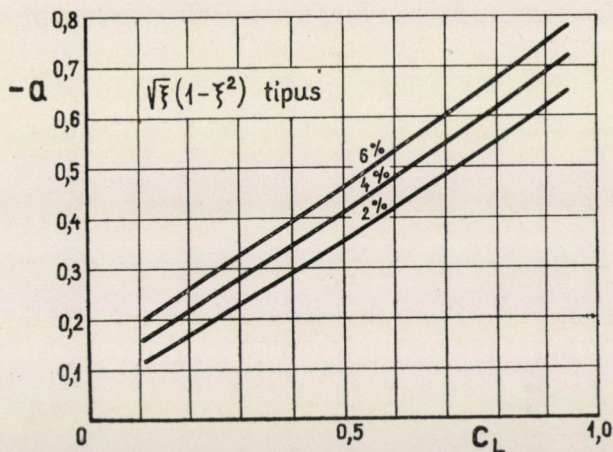
$$y_{i \max} = \frac{2 \times 0,5}{9\pi} = 0,0353.$$

Ezzel az értékkel kell a 9. ábrán látható ordinátákat megszorozni, hogy a vázvonlat alakját megkapjuk. Amennyiben más  $C_L$  érték előállítására a kívánalom, úgy az ennek megfelelő íveltségű vázvonlatot kell alkalmazni. Ellenkező esetben a torlópont elvándorol a belépőéletről és az ezzel kapcsolatos nagy körülrámlási sebesség — különösen vékony szárnymetszeteknél — kavitáció szempontjából kedvezőtlen.

A valóságban alkalmazott véges vastagságú szárnymetszetek kerületén a legnagyobb sebességet úgy határozzuk meg, hogy a szándékolt  $C_L$  tényezőnek megfelelő  $g_i$  függvényt a megkívánt százalékos metszetsvastagsághoz tartozó

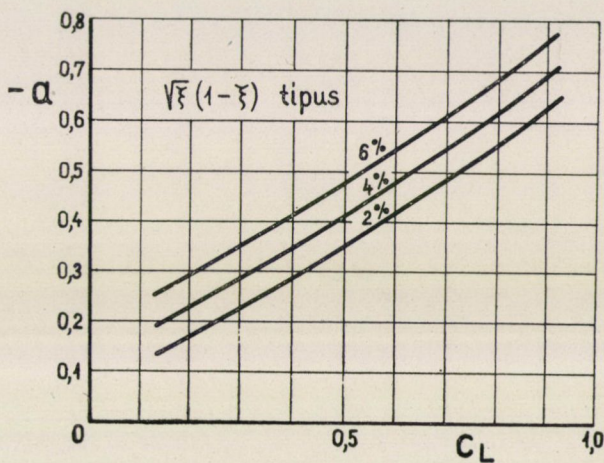
$g_s$  függvényhez hozzáadjuk és az összefüggvény maximumát meghatározzuk.

Ehhez 1-et hozzáadva megkapjuk  $\left(\frac{w}{w_\infty}\right)_{\max}$ -ot. Így  $a$  értéke is kiszámítható.



10. ábra.

A 10. és 11. ábrákon a  $C_L$  függvényében feltüntettük  $a$  értékét 2, 4 és 6% vastagságú  $\sqrt{\xi}(1-\xi^2)$ , illetve  $\sqrt{\xi}(1-\xi)$  típusú szárnymetszetekre vonatkozólag. Itt természetesen a metszet vázvonalaának íveltsége változik a  $C_L$  függvényében, tehát a görbék minden pontja más metszetre vonatkozik. A metszeteket a



11. ábra.

szokásos módon úgy szerkesztjük meg, hogy a vázvonatra  $y_s$  megfelelő, azonos  $\xi$ -hez tartozó értékeit felfelé és lefelé rámérjük. Az így kapott pontokat összekötve nyerjük a metszet körvonalrajzát.

Vízgépek tervezésénél a leírt módszer szerint készített szárnymetszetek sokkal jobban alkalmazhatók, mint a repülőgép szárnymetszetek, amelyeket nem erre a célra szerkesztettek. Sűrű lapátózású vízgépeknél az úgynevezett rácshatás miatt azonban bizonyos mértékig módosítani kell a metszet alakját. Az ezzel kapcsolatos bonyolultabb számításokat más alkalommal fogom ismertetni.



# A KOVÁCSOLÁSSAL KAPCSOLATOS ÜTKÖZÉSI JELENSÉGEK TARTAMA ÉS HATÁSFOKA

GELEJI SÁNDOR lev. tag.

Beérkezett 1951 március 21.

Az irodalomban a kovácsolással kapcsolatos jelenségek magyarázatát a bizonyos fokig rugalmas két test centrális egyenes ütközésére szokták visszavezetni és a vizsgálatoknál a

$$c_1 - v_1 = (1 + r) \cdot \frac{M_2}{M_1 + M_2} \cdot (c_1 - c_2) \quad (1)$$

$$v_2 - c_2 = (1 + r) \cdot \frac{M_1}{M_1 + M_2} \cdot (c_1 - c_2) \quad (2)$$

egyenletekből indulnak ki. Ezekben az egyenletekben  $c_1$  az  $M_1$  tömegű 1-es test sebessége az ütközés előtt és  $v_1$  az ütközés után,  $c_2$  az  $M_2$  tömegű 2-es test sebessége az ütközés előtt és  $v_2$  az ütközés után, vagyis  $c_1 - v_1$  az 1-es test sebességvesztése és  $v_2 - c_2$  a 2-es test sebességnyeresége az ütközés folyamán, ha az ütközés előtt  $c_1 > c_2$ . Az egyenletekben szereplő  $r$  az u. n. rugalmassági tényező, amelynek értéke 0 és 1 közé esik. Az ilyen természetű ütközésnél az elvesző, vagyis a maradó alakítási munkává átalakuló mozgásenergiát az u. n. Carnot-féle alakkkal lehet kifejezni, amely szerint

$$A = \frac{1 - r^2}{(1 + r)^2} \cdot \left[ \frac{M_1 \cdot (c_1 - v_1)^2}{2} + \frac{M_2 \cdot (v_2 - c_2)^2}{2} \right] \quad (3)$$

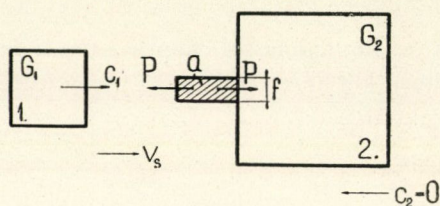
A kovácsolásnál fellépő jelenségek visszavezetése két szabadon mozgó test ütközésére természetesen csak nagyon durva megközelítésnek tekinthető, sőt a kovácsolással kapcsolatban használatos rugalmassági együtthatóra vonatkozó feltevések tulajdonképpen minden reális alapot nélkülöznek. A kovácsolásnál szereplő rugalmassági együttható u. i., mint az alábbiakban látni fogjuk, nagyon sok tényezőtől függ. Az irodalomból ismert vizsgálatokban ez a rugalmassági együttható takarta mindazokat az ismeretlen mozzanatokot, melyekre az eddigi vizsgálatok a nem reális alapfeltevés következtében, nem terjedtek ki.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>H. Haller: Gründung von schweren Schabotte-Gesenkschmiedehämmern. Stahl und Eisen, 1949 (69) Nr. 7. S. 227/252.

A kovácsolási jelenségek vizsgálatánál, különösen a kovácsolásnál fellépő erők meghatározása, továbbá a kalapácsok alapozásával kapcsolatos problémák vizsgálatánál nagyon fontos az ütés tartamának és hatásfokának ismerete. Az alábbiakban elsősorban e két problémával fogunk foglalkozni.

Ha a kovácsolást, mint szabadon mozgó testek ütközésének eredményét fogjuk fel, akkor a jelenséget a következőképpen lehet megmagyarázni:

A kovácsolás bizonyos eseteiben olyan ütközéssel állunk szemben, amikor



1. ábra.

egy  $c_1$  sebességgel haladó  $G_1$  súlyú test egy nyugalomban lévő  $G_2$  súlyú testbe úgy ütközik bele, hogy az ütközés erejét a  $G_2$  felületén egy képlékenyen deformálódó  $a$  test veszi fel és adja át  $G_2$ -nek (1. ábra).

Ütközés után az ütközőrendszer közös súlypontjának sebessége  $v_s$  lesz, ha feltételezzük, hogy ütközés alatt az  $a$  testen csak maradó alakváltozás lép fel, ellenben rugalmas alakváltozás nem keletkezik.

A két ütköző test között lévő  $a$  prizmatikus test, amelyik az ütés erejét felveszi, az ütközés folyamán maradónan deformálódik. A deformáció folyamán fellépő közepes alakítási ellenállás  $k$  és a prizma keresztmetszete  $f$ .<sup>2</sup> Feltételezzük, hogy a

$$P = k \cdot f \quad (4)$$

szorzat, azaz az alakváltozást létrehozó erő az egész ütközés tartama alatt állandó. Ebből a feltevésből pedig következik, hogy

$$P = \frac{G_1}{g} \cdot \gamma_1 = \frac{G_2}{g} \cdot \gamma_2 \quad (5)$$

ahol  $\gamma_1$  az 1-es és  $\gamma_2$  a 2-es test gyorsulása az ütközés folyamán és  $g$  a szabadesés gyorsulása. Az 1-es és 2-es test gyorsulását azonban a következőképpen is kifejezhetjük:

$$\gamma_1 = \frac{c_1 - v_s}{t} \quad (6)$$

<sup>2</sup> Geleji Sándor: A fémek képlékeny alakításánál fellépő erők és erőszükséglet meghatározása számítás útján. Budapest, Mérnöki Továbbképző Intézet kiadása, 1948. 10/14. l.  
Geleji Sándor: Kohógéptan, Tankönyvkiadó, Budapest, 1950. 26/30. l.

és

$$\gamma_2 = \frac{v_s}{t} \quad (7)$$

ahol  $t$  az alakítás tartama.

A közös súlypont sebessége az ütközés után a 7. egyenlethől:

$$v_s = \gamma_2 \cdot t \quad (8)$$

illetve az 1-es test gyorsulása:

$$\gamma_1 = \frac{c_1 - \gamma_2 \cdot t}{t} \quad (9)$$

Tehát az ütközés tartama a fenti egyszerűsítő feltevések mellett:

$$t = \frac{c_1}{\gamma_1 + \gamma_2} \quad (10)$$

Az 5. egyenlethől:

$$\gamma_1 = \frac{P}{M_1} \quad \text{és} \quad \gamma_2 = \frac{P}{M_2}$$

ha  $M_1 = \frac{G_1}{g}$  az 1-es test és  $M_2 = \frac{G_2}{g}$  a 2-es test tömege.

Az alakváltozás írható tehát, hogy a deformáció tartama:

$$t = \frac{c_1}{P \cdot \left( \frac{1}{M_1} + \frac{1}{M_2} \right)} = \frac{c_1}{P} \frac{M_1 \cdot M_2}{M_1 + M_2} \quad (11)$$

vagy az ütköző testek súlyával kifejezve:

$$t = \frac{c_1}{P \cdot g} \cdot \frac{G_1 \cdot G_2}{G_1 + G_2} \quad (11a)$$

de ez az egyenlet még felírható így is:

$$t = \frac{c_1}{k \cdot f \cdot g} \cdot \frac{G_1 \cdot G_2}{G_1 + G_2} \quad (12)$$

Ha  $G_2 = a \cdot G_1$ -t írunk, úgy az ütéstartam képlete a következő lesz:

$$t = \frac{c_1}{k \cdot f \cdot g} \cdot \frac{\alpha \cdot G_1^2}{G_1 + G_2} = \varphi \cdot \frac{c_1}{k \cdot f} \cdot \frac{G_1}{g} \quad (13)$$

ahol  $\varphi = \frac{\alpha}{1 + \alpha} = \text{konst.}$

Az ütéstartam tehát arányos az ütőttest ( $G_1$ ) sebességével és súlyával, fordítva arányos a képlékenyen alakított test ( $a$ ) alakítási ellenállásával és keresztmetszetével ( $f$ ).

Az ütürendszer közös súlypontjának sebessége :

$$v_s = \gamma_2 \cdot t = \frac{P}{M_2} \cdot \frac{c_1}{P} \cdot \frac{M_1 \cdot M_2}{M_1 + M_2} = c_1 \cdot \frac{M_1}{M_1 + M_2} = c_1 \cdot \frac{G_1}{G_1 + G_2} \quad (14)$$

A maradó alakítási munkává átalakuló energia :

$$L_d = \frac{c_1^2 \cdot M_1}{2} - \frac{v_s^2 \cdot (M_1 + M_2)}{2} \quad (15)$$

Ha ebbe behelyettesítjük a  $v_s$  14. egyenlet szerinti értékét :

$$L_d = \frac{c_1^2}{2} \cdot M_1 \left(1 - \frac{M_1}{M_1 + M_2}\right) = \frac{c_1^2}{2} \cdot \frac{G_1}{g} \left(1 - \frac{G_1}{G_1 + G_2}\right) = \varphi \cdot \frac{c_1^2}{2 \cdot g} \quad (16)$$

Az ütés hatásfoka a maradó alakváltozás szempontjából :

$$\eta_0 = \frac{\frac{c_1^2 \cdot M_1}{2} \cdot \left(1 - \frac{M_1}{M_1 + M_2}\right)}{\frac{c_1^2 \cdot M_1}{2}} = 1 - \frac{M_1}{M_1 + M_2} = \varphi \quad (17)$$

Ez az ütés hatásfoka abban az esetben, ha az ütközés folyamán azok az előfeltételek teljesülnek, amelyekből kiindultunk : elsősorban az, hogy az ütközés folyamán csak maradó alakváltozás lép fel és rugalmas alakváltozás nem keletkezik. Minthogy azonban ez elkerülhetetlen, a tényleges hatásfok a fenténél kisebb lesz :

$$\eta = \Phi \cdot \eta_0 \quad (18)$$

ahol  $\Phi < 1$ . A 17. egyenlet mindenesetre rámutat arra a tényre, hogy az ütés hatásfoka annál nagyobb, minél nagyobb a 2-es test (a tőke) súlya, illetve tömege.

A következőkben állapítsuk meg, hogy az ütközés folyamán az  $\frac{M_1 \cdot c_1^2}{2}$  mozgásenergiából — a mozgásenergia egy részének rugalmas helyzeti energiává való átalakulása következtében — a maradó alakváltozás szempontjából mennyi lesz elvesztettnek tekintendő.

Ütközéskor az  $M_1$  és  $M_2$  tömegű testek ütköznek egymásba oly módon, hogy az ütközéskor fellépő erő az  $a$  maradóan deformálódó test közvetíti (2. ábra).

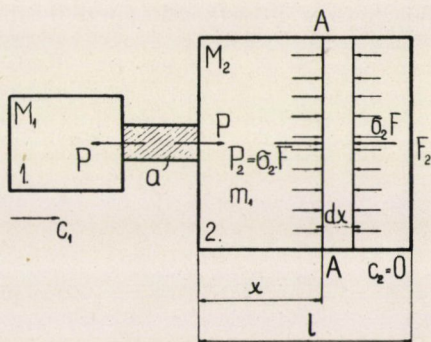
Az  $M_2$  tömeg sebességét az ütközés folyamán működő  $P$  erő  $\Delta t$  idő alatt  $\Delta v$ -vel változtatja meg. Az impulzustétel szerint :

$$P \cdot \Delta t = M_2 \cdot \Delta v \quad (19)$$

Ütközés folyamán természetesen az  $M_2$  tömegű test  $AA$  keresztmetszettől jobbra eső  $m_2$  tömegű részének a sebessége is  $\Delta t$  idő alatt  $\Delta v$ -vel változik meg.

A működő erő, mely az  $m_2$  tömegű részen a  $\Delta v$  sebességváltozást előidézi :

$$P_2 = \sigma_2 \cdot F_2 \quad (20)$$



2. ábra.

ahol  $\sigma_2$  az  $F_2$  területű keresztmetszetben fellépő feszültség, lévén a 2-es test keresztmetszete az  $AA$ -ban  $F$ . Ez esetben írható :

$$P_2 \cdot \Delta t = m_2 \cdot \Delta v \quad (21)$$

Mint ahogy :

$$\frac{\Delta v}{\Delta t} = \gamma \quad (22)$$

a 19. egyenletből :

$$P = M_2 \cdot \gamma \quad (23)$$

a 21. egyenletből pedig :

$$P_2 = m_2 \cdot \gamma \quad (24)$$

Ha a 24. egyenletből  $\gamma$ -t kifejezzük :

$$\gamma = \frac{P_2}{m_2} \quad (25)$$

és a 19. egyenletbe behelyettesítjük, lesz :

$$P = \frac{M_2}{m_2} \cdot P_2 = \frac{M_2}{m_2} \cdot F_2 \cdot \sigma_2 \quad (26)$$

lévén  $P_2 = F_2 \cdot \sigma_2$  (20. egyenlet).

Tehát az  $AA$  keresztmetszetben fellépő feszültség :

$$\sigma_2 = \frac{P}{F_2} \cdot \frac{m_2}{M_2} = \left( \frac{P}{F_2 \cdot M_2} \right) \cdot m_2 \quad (27)$$

Az  $m_2$  tömeg kifejezhető a következőképpen (lásd 2. ábrát) :

$$m_2 = F_2 (l - x) \cdot \delta \quad (28)$$

ahol  $\delta = \frac{M_2}{V_2}$  az egységnyi térfogat tömege, ha az  $M_2$  tömegű test térfogata  $V_2$ .

Ezek szerint

$$\sigma_2 = \left( \frac{P \cdot \delta}{M_2} \right) (l - x) \quad (29)$$

Ezek után számítsuk ki az  $M_2$  tömegben ütközés folyamán felhalmozott rugalmas energiát.

Az elemi térfogatban felhalmozott rugalmas energia :

$$dR = \frac{\sigma_2^2}{2E} \cdot dV = \frac{\sigma_2^2}{2E} \cdot F \cdot dx \quad (30)$$

A 26. egyenletnek a 30. egyenletbe való helyettesítése után :

$$dR_{r,2} = \left[ \left( \frac{P \cdot \delta}{M_2} \right)^2 \cdot \frac{F_2}{2E} \right] \cdot (l - x)^2 \cdot dx \quad (31)$$

tegyük :

$$C = \left( \frac{P \cdot \delta}{M_2} \right)^2 \cdot \frac{F_2}{2E} \quad (32)$$

akkor a 31. egyenlet írható :

$$dR_{r,2} = C \cdot (l - x)^2 \cdot dx \quad (33)$$

Az egész  $M_2$  tömegű testben felhalmozott helyzeti energia :

$$R_{r,2} = C \int_0^l (l - x)^2 \cdot dx = C \cdot \frac{l^3}{3} \quad (34)$$

vagyis :

$$R_{r,2} = \left( \frac{P \cdot \delta}{M_2} \right)^2 \cdot \frac{F_2}{2E} \cdot \frac{l^3}{3} \quad (35)$$

Mint hogy  $F_2 \cdot l = V_2$  a test térfogata, és a 29. egyenlet szerint

$$\frac{P \cdot \delta}{M_2} \cdot l = \frac{P}{F_2} = \sigma_{\max} \quad (36)$$

következik, hogy

$$R_{r,2} = \left(\frac{P}{F_2}\right)^2 \cdot \frac{V_2}{6E_2} \quad (37)$$

Mindkét ütköző testben felhalmozott összes rugalmas energia:

$$R_{r, (1+2)} = \left(\frac{P}{F_1}\right)^2 \cdot \frac{V_1}{6E_1} + \left(\frac{P}{F_2}\right)^2 \cdot \frac{V_2}{6 \cdot E_2} \quad (38)$$

Ez az energia az alakítási munka szempontjából elveszettnek tekintendő.

Mint látható, az  $R_{r, (1+2)}$  annál nagyobb, minél nagyobb a  $P$  erő, szóval minél nagyobb az alakítási ellenállás. A 38. egyenlet arra is rámutat, hogy a rugalmas veszteségek az ütköző testek alakjától (keresztmetszetétől) is függenek. Minél nagyobb az ütközés irányába eső keresztmetszet, annál kisebbek a rugalmas veszteségek, illetve annál keményebb lesz az ütés ugyanolyan ütköző tömegek mellett.

Ezek szerint az ütközés hatásfoka az alakítási munka szempontjából, ha a rugalmas helyzeti energia alakjában fellépő veszteségeket is figyelembe vesszük, a következőképpen alakul:

A maradó és rugalmas alakváltozások létrehozásához rendelkezésre álló energia a testek mozgásenergiaváltozásából:

$$A_d = \frac{c_1^2 \cdot M_1}{2} - \frac{v_3^2 \cdot (M_1 + M_2)}{2} = \varphi \cdot \frac{c_1^2}{2} \cdot \frac{G_1}{g} \quad (39)$$

Ha e mellett még a rugalmas helyzeti energiává átalakult energiát is figyelembe vesszük, akkor az alakítási munka elvégzéséhez rendelkezésre álló energia:

$$A^{**} = \varphi \cdot \frac{c_1^2}{2} \cdot \frac{G_1}{g} - R_{1,2} \quad (40)$$

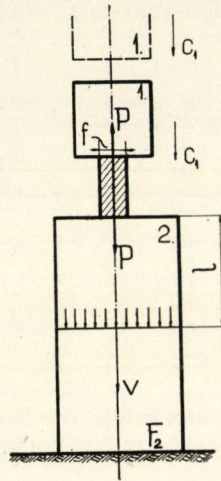
az ütés hatásfoka pedig:

$$\eta = \frac{\varphi \cdot \frac{c_1^2}{2} \cdot \frac{G_1}{g} - R_{1,2}}{\frac{c_1^2}{2} \cdot \frac{G_1}{g}} \quad (41)$$

Ha  $\frac{c_1^2 \cdot G_1}{2g} = A_1$ -nek tesszük, akkor :

$$\eta = \frac{\varphi \cdot A_1 - R_{1,2}}{A_1} \quad (42)$$

Szilárdan alapozott kalapácsok esetében az üllő és a tőke nem mozgathatóan vannak lealapozva, tehát a 2-es test nem szabadon mozgó test, hanem ütés közben a felvett ütési energiát átadja az alapnak és azt rugalmasan deformálja.



3. ábra.

Ennek a kérdésnek megvilágítása szempontjából először vizsgáljuk meg a centrális egyenes ütközésnek azt az esetét, amikor a 2-es test egy végtelen hosszú oszlop (3. ábra). Itt a  $c_1$  sebességgel haladó  $G_1$  súlyú 1-es test úgy ütközik a 2-es testbe (oszlopba), hogy az ütközés erejét az oszlop (2-es test) fedőlapján egy képlékenyen deformálódó  $f$  keresztmetsztű prizmatikus  $a$  test veszi fel és adja át az oszlopnak. Feltételezzük, hogy az  $a$  testben az ütközés folyamán csak maradó alakváltozás lép fel, továbbá, hogy

$$P = k \cdot f \quad (43)$$

szorzat, az alakváltozást létrehozó erő, az ütközés egész tartama alatt állandó. Ezek szerint az ütközés kezdő pillanatában már  $P$  erő hat az oszlop fedőlapjára és ez az erő az ütközés egész tartama alatt hat a 2-es test, az oszlop fedőlapjára.

Az 1-es test mozgásenergiája az ütközés kezdő pillanatában :

$$A_1 = \frac{c_1^2 \cdot M_1}{2} \quad (43a)$$



Abban a pillanatban, amikor a deformáció az  $a$  testben megkezdődik, a 2-es testben fellép

$$\sigma_2 = \frac{P}{F_2} \quad (44)$$

nyomófeszültség. Ez a nyomófeszültség azonban nem azonnal lép fel az oszlop egész hosszában, illetve egész tömegében, hanem a feszültség az oszlop fedőlapjától az oszlop alapja felé, az oszlop hossza mentén,

$$v = \sqrt{\frac{E_2}{\delta_2}} \quad (45)$$

sebességgel terjed. A 45. egyenlettel kifejezett sebesség a rugalmas feszültség terjedése az oszlopban. Ebben az egyenletben  $E_2$  a 2-es oszlop anyagának rugalmassági modulusa,  $\delta_2$  pedig a 2-es test térfogategységre eső tömege.<sup>3</sup>

Ha az alakváltozás tartama  $t$ , akkor ez alatt a  $t$  idő alatt

$$l = v \cdot t \quad (46)$$

hosszúságú oszlopban lép fel  $\sigma_2$  nyomófeszültség, illetve ilyen hosszú oszloprész lesz rugalmas helyzeti energiával feltöltve.

$$R_2 = \frac{\sigma_2^2}{2E_2} \cdot V_2 = \frac{\sigma_2^2}{2E_2} \cdot F_2 \cdot l = \frac{\sigma_2^2}{2E_2} \cdot F_2 \cdot v \cdot t = \frac{\sigma_2^2}{2 \cdot \sqrt{E_2 \cdot \delta_2}} \cdot F_2 \cdot t \quad 47$$

ahol  $V_2$  a rugalmas energiával feltöltött oszloprész térfogata. Ennyi energia tehát a maradó alakítási munka szempontjából elveszetteknek tekinthető.

Az ütés hatása alatt, illetve a  $P$  erő hatása alatt az oszlop megrövidül, tehát  $M_2$  tömege az ütés  $t$  tartama alatt mozgásba jön. Az oszlop az ütés  $t$  tartama alatt van  $P$  erővel terhelve. Ez alatt az idő alatt deformálódik, rövidül meg az oszlop. A megrövidülés :

$$\Delta l = \varepsilon_2 \cdot l \quad (48)$$

ahol

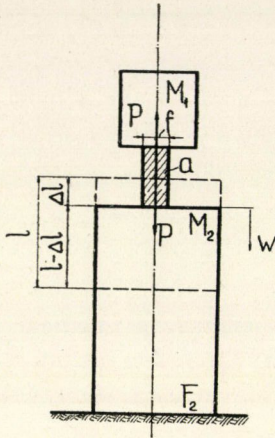
$$\varepsilon_2 = \frac{\sigma_2}{F_2} = \frac{P}{F_2 \cdot E_2} \quad (49)$$

a fajlagos megrövidülés.

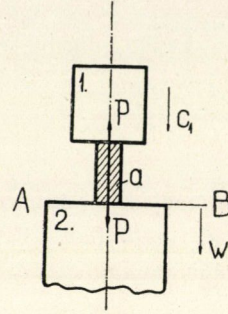
$$3 \quad \delta_2 = \frac{1000 \Delta_2}{9,81} \quad \text{ahol } \Delta_2 \text{ a testnek a vízre vonatkoztatott sűrűsége. } v = \sqrt{\frac{1000 \cdot 9,81 \cdot E_{0,2}}{\Delta_2}}$$

$E_2$  a négyzetméterre vonatkoztatott (Young-féle) rugalmassági modulus, ez pedig :  $E_2 = 10^6 \cdot E_{0,2}$  ahol  $E_{0,2}$  a 2-es test mm<sup>2</sup>-re vonatkoztatott rugalmassági modulusa.

A megrövidülés folyamán az  $l$  hosszúságú oszlop minden elemi rétege megrövidül, vagyis az  $l$  hosszúságú oszlop minden részecskéje mozgásba jön.



4. ábra.



5. ábra.

Ez a megrövidülés  $t$  ütéstartam alatt lép fel, tehát az oszlop fedőlapjának az ütés irányában való közepes sebessége :

$$w = \frac{\Delta l}{t} = \frac{\varepsilon_2 \cdot l}{t} = \frac{\varepsilon_2 \cdot v \cdot l}{t} = \varepsilon_2 \cdot v \quad (50)$$

Az oszlop minden egyes keresztmetszete, amely rugalmas helyzeti energiával van feltöltve,  $w$  sebességet kap az oszlop irányában :

$$w = \frac{\sigma_2}{E_2} \sqrt{E_2} = \frac{\sigma_2}{\sqrt{E_2 \cdot \delta_2}} = \frac{P}{F_2 \cdot \sqrt{E_2 \cdot \delta_2}} \quad (51)$$

Ezek szerint az  $M_2$  tömegnek az ütéstartam végén

$$A_{m,2} = \frac{M_2 \cdot w^2}{2} \quad (52)$$

mozgásenergiája lesz.

A 3. és 4. ábrán bemutatott ütközési esetben az  $M_2$  tömeg az  $l$  hosszúságú  $F_2$  keresztmetszetű oszlop tömege. Vagyis

$$M_2 = F_2 \cdot l \cdot \delta_2 \quad (53)$$

azonban

$$l = v \cdot t$$

s így

$$M_2 = F_2 \cdot \delta_2 \cdot v \cdot t = F_2 \cdot \sqrt{E_2 \cdot \delta_2} \cdot t \quad (54)$$

Az  $M_2$  tömeg nagyságát tehát a mindenkori ütés  $t$  tartama dönti el (58. egyenlet).

Ha az 52. egyenletbe behelyettesítjük a  $w$  sebességnek az 51. egyenlettel, továbbá az  $M_2$  tömegnek az 54. egyenlettel kifejezett értékét, akkor az 52. egyenlet a következő alakot veszi fel:

$$A_{m,2} = \frac{M_2 \cdot w^2}{2} = \frac{1}{2} \cdot F_2 \cdot \sqrt{E_2 \cdot \delta_2} \cdot t \cdot \left( \frac{\sigma_2}{\sqrt{E_2 \cdot \delta_2}} \right)^2 = \frac{\sigma_2^2}{2\sqrt{E_2 \cdot \delta_2}} \cdot F_2 \cdot t$$

Ez pedig azt jelenti, hogy

$$A_{m,2} = R_2$$

(lásd 47. egyenletet).

Ezek szerint az alakítási munka szempontjából elveszettek tekintendő mozgásenergia:

$$A_{m, (1+2)} = \frac{w^2 (M_1 + M_2)}{2} \quad (55)$$

ahol  $w$  az ütköző rendszer súlypontjának sebessége az ütközés befejező pillanatában.

Az ütés hatásfoka pedig a 3. és 4. ábrán látható esetben:

$$\eta = \frac{A_1 - A_{m, (1+2)} - R_{1+2}}{A_1} \quad (56)$$

ahol  $A_1$  az  $M_1$  tömegű test mozgási energiája (43. egyenlet).

Az ütéstartam a következőképpen határozható meg:

Az 1-es test sebessége az ütközés kezdő pillanatában  $c_1$  (5. ábra). Az ütközés kezdő pillanatában fellép

$$P = k \cdot f$$

erő, amely lelassítja az 1-es testet és mozgásba hozza a 2-es testet. A 2-es test (oszlop)  $AB$  fedőlapja az ütközés kezdő pillanatában mozgásba jön, és sebessége az ütközés irányában az ütközés egész tartama alatt (50. egyenlet):

$$w = \varepsilon_2 \cdot v = \frac{P}{F_2 \cdot \sqrt{E_2 \cdot \delta_2}} = \text{állandó}$$

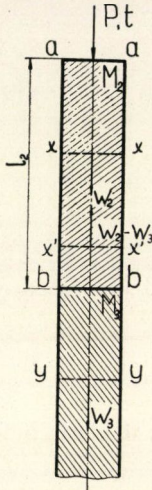
Az ütközés befejező időpontjában az 1-es test sebessége is  $w$ . Ezek szerint az ütközés tartama az impulzustétel szerint:

$$P \cdot t = M_1 (c_1 - w) \quad (57)$$

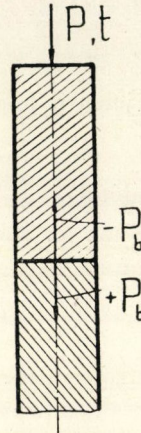
ebből:

$$t = \frac{c_1 - w}{P} \cdot M_1 = \frac{c_1 - w}{k \cdot f} \cdot M_1 \quad (58)$$

Az ütközési tartamot ismerve, most már kiszámíthatjuk a 2-es testben felhalmozott rugalmas helyzeti energiát (47. képlet) az  $M_2$  tömeget (54. egyenlet) és az ütés hatásfokát (56. egyenlet).



6. ábra.



7. ábra.

Ha ütközés folyamán a  $P$  erő  $t$  ideig egy összetett oszlop  $aa$  fedőlapjára hat, és a nyomás határa elér a  $bb$  határfelülethez, akkor az  $M_2$  tömeg beleütközik ebbe a határfelületbe (6. ábra).

a)  $w_2 > w_3$  (6., 7. ábra).

Az  $M_2$  tömeg mozgásmennyisége abban a pillanatban, amikor a hatás  $bb$  fedőlaphoz ér:

$$M_2 \cdot w_2 \quad (59)$$

az ütközés befejezése után a  $P$  erő irányában:

$$M_2 \cdot w_3 \quad (60)$$

A mozgásmennyiség változása:

$$M_2 \cdot (w_2 - w_3) \quad (61)$$

Ez az a mozgásmennyiség, mely a  $bb$  felületről visszaverődik.

Az ütközés tartama:

$$t_2 = \frac{l_2}{w_2 - w_3} \quad (62)$$

Az ütközés folyamán a  $bb$  felület mentén fellép egy  $P_b$  erő, mely ezt a mozgás-mennyiségváltozást létrehozza :

$$P_b = M_2 \cdot \left( \frac{w_2 - w_3}{t_2} \right) \quad (63)$$

ahol

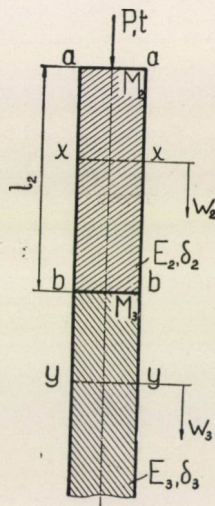
$$\frac{w_2 - w_3}{t_2} = \gamma \quad (64)$$

a gyorsulás.

A  $P_b$  erő nagysága tehát (7. ábra) :

$$P_b = M_2 \cdot \gamma = M_2 \cdot \frac{w_2 - w_3}{t_2} \quad (65)$$

$$P_b = M_2 \cdot \frac{(w_2 - w_3)^2}{l} \quad (66)$$



8. ábra.

Amikor  $x'x'$  elér az  $aa$  felülethez, vagyis amikor a visszaverődés befejeződött, az  $M_2 \cdot (w_2 - w_3)$  mozgásmennyiség beleütközik az  $aa$  felületbe. Ekkor ismét visszaverődés áll be.

$b) w_2 < w_3$  (8. ábra).

akkor

$$w_2 = \frac{P}{F \cdot \sqrt{E_2 \cdot \delta_2}} < w_3 = \frac{P}{F \cdot \sqrt{E_3 \cdot \delta_3}} \quad (67)$$

Ez olyankor következik be, amikor

$$\frac{1}{\sqrt{E_2 \cdot \delta_2}} < \frac{1}{\sqrt{E_3 \cdot \delta_3}}$$

azaz

$$E_2 \cdot \delta_2 < E_3 \cdot \delta_3 \quad (68)$$

Amikor a  $bb$  keresztmetszet mentén a 2-es test ütközik a 3-as testtel, akkor a  $P$  erőnek fel kell gyorsítania az  $M_2$  tömeget a  $w_2$  sebességről a  $w_3$  sebességre. Az ütközés kezdő pillanatában tehát a 2-es test  $bb$  felületére csak  $P$  erő hat, amely akkora, hogy

$$\frac{P}{F \cdot \sqrt{E_2 \cdot \delta_2}} = \frac{P^*}{F \cdot \sqrt{E_3 \cdot \delta_3}} = w_2 \quad (69)$$

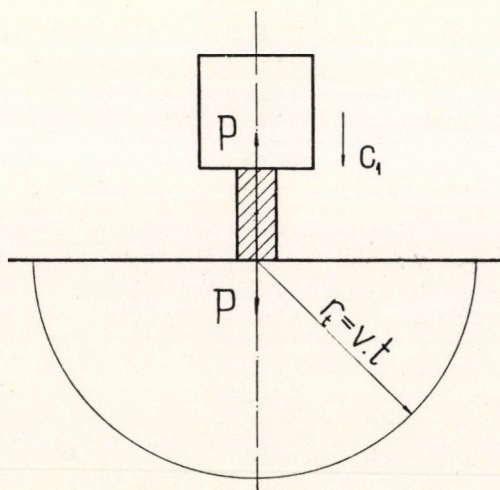
sebességet ébreszt.

Az  $M_2$  felgyorsítását a

$$\Delta P = P - P^* \quad (70)$$

erő indítja el. A  $\Delta P$  erő tulajdonképpen lengéseket hoz létre mind a 2-es, mind a 3-as testben.

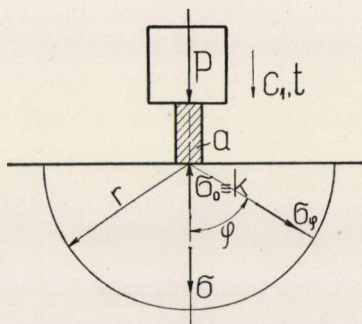
Abban az esetben, amikor az  $a$  test egy rugalmas féltér határsíkján áll (9. ábra), az ütközés  $t$  tartama alatt ebben a végtelen féltérben felhalmozódó



9. ábra.

rugalmas helyzeti és mozgási energia nagysága, első megközelítésben az alábbiak szerint állapítható meg:

Ha az  $a$  test nyomófelületének nagysága a rugalmas féltér határsíkján



10. ábra.

$f_0$ , akkor a  $P$  erő a nyomófelület mentén  $\sigma_0$  feszültséget ébreszt, amely azonos az ütés folyamán fellépő  $k$  közepes alakítási ellenállással.<sup>4</sup>

Ezen az  $f_0$  keresztmetszeten keresztül, másodpercenként, a rugalmas féltérbe

$$R_0 = \left( \frac{\sigma_0^2}{2 \cdot E_2} \right) \cdot f_0 \cdot v = \left( \frac{\sigma_0^2}{2 \cdot E_2} \right) \cdot f_0 \cdot \sqrt{\frac{E_2}{\delta_2}} \quad (71)$$

rugalmas helyzeti energia áramlik be, amely a féltérben a gömbsugar minden irányában eloszlik (10. ábra).

A feszültségeloszlás a rugalmas féltérben, a támadási felületről egy bizonyos távolságon túl, közelítőleg a következő egyenlettel fejezhető ki (11. ábra):

$$\sigma = \frac{(\sigma_0 \cdot r_0)}{r} \cdot \cos \varphi \quad (72)$$

Ebben az egyenletben

$$r_0 = \sqrt{\frac{f_0}{2\pi}} \quad (73)$$

<sup>4</sup> A közepes alakítási ellenállás az ütés folyamán

$$k = k_f \left( \frac{1 + 0,01 \frac{c_1}{h}}{1 - \mu \frac{b}{2h}} \right)$$

ahol  $k_f$  a deformált anyag alakítási szilárdsága (folyási határa),  $c_1$  a medve sebessége az ütés pillanatában (m/sec),  $\mu$  a surlódási tényező a nyomófelület mentén, ha az  $a$  test magassága,  $b$  az  $a$  test keresztmetszetének legkisebb átmérője. Lásd: Geleji S.: Kohógéptan, 1950. 30. l.

és

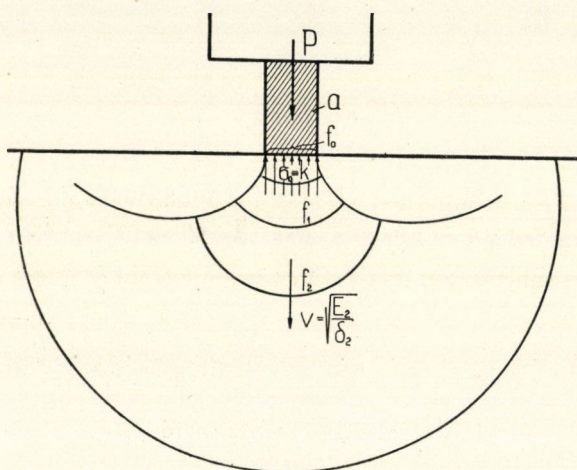
$$\sigma_0 \equiv k = \frac{P}{f_0} \quad (74)$$

A 72. egyenlet a dinamikus terhelésből származó feszültség a rugalmas féltér valamely pontjában az ütés tartama alatt.

Ha az ütéstartam  $t$  másodperc, akkor ez alatt az időtartam alatt a rugalmas féltérbe

$$R_h = \frac{\sigma_0^2}{2 \cdot E_2} \cdot f_0 \cdot v \cdot t$$

rugalmas helyzeti energia halmozódik fel.



11. ábra.

Fent már láttuk, hogy a rugalmas helyzeti energiával azonos mennyiségű mozgásenergia is felhalmozódik az alapon, tehát ezek szerint az ütéstartam alatt a rugalmas féltérben

$$U = A_m + R_h = 2R_h = \frac{\sigma_0^2}{E_2} \cdot f_0 \cdot v \cdot t \quad (75)$$

összenergia fog felhalmozódni.

Ha tehát egy  $c_1$  sebességgel eső  $G_1$  súlyú test a rugalmas végtelen féltér határsíkjára merőleges irányban úgy ütközik bele, hogy az ütközés erejét egy rugalmas féltér határsíkján álló képlékenyen deformálódó  $a$  test veszi át és adja át a rugalmas féltérnek (alapnak), akkor az ütés hatásfoka :

$$\eta = \frac{\frac{M_1}{2} \cdot (c_1^2 - w^2) - U}{\frac{M_1 \cdot c_1^2}{2}} \quad (76)$$



Ebben a képletben :

$$v = \sqrt{\frac{E_2}{\delta_2}} \quad \text{a rugalmas feszültség terjedési sebessége a féltérben ;}$$

$$t = \frac{c_1 - w}{k \cdot f_0} \cdot M_1 \quad \text{az ütés tartama,}$$

$$U = \frac{\sigma_0^2}{E_2} \cdot f_0 \cdot v \cdot t \quad \text{az ütés tartama alatt a rugalmas féltérben felhalmozódó energia,}$$

$$w = \frac{P}{F_2 \cdot \sqrt{E_2 \cdot \delta_2}} = \frac{\sigma_0}{\sqrt{E_2 \cdot \delta_2}}$$

$\sigma_0 = k$  a közepes alakítási ellenállás

$$E_2 = \frac{(m - 1) \cdot m}{(m + 1) \cdot (m - 2)} \cdot E'_2 = \text{az egyoldalt nyomott végtelen tér rugal-$$

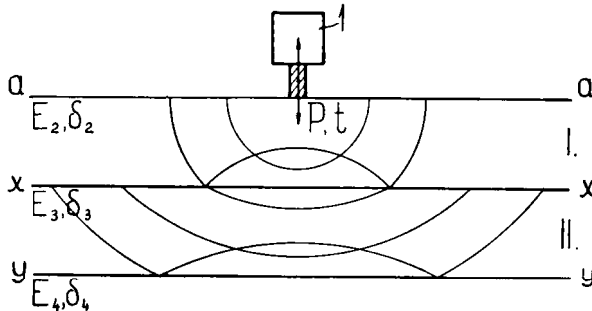
massági modulusa,  $m = A$  Poisson-féle tényező,

$E'_2$  pedig a rugalmas féltér anyagának húzókísérlethől megállapított rugalmassági modulusa.

Abban a szélső esetben, amikor az  $E_2$  rugalmassági modulus végtelen nagy, vagyis  $E_2 = \infty$ , akkor a 71. egyenlet értelmében  $R_0 = 0$ , vagyis abszolút merev alapba nem hatol be semmiféle energia.

Abban a másik szélső esetben, amikor  $E_2 = 0$ , akkor  $R_0$  szintén zérus. Ugyanis, ha  $E_2 = 0$ , akkor  $\sigma_0 = 0$ , vagyis  $P$  a deformációt létrehozó erő nem léphet fel, tehát nincs erő, mely az  $a$  testet helyben tartaná.

A kovácsolásnál az üllő és a tőke alapja a valóságban sohasem áll egy rugalmasan isotrop végtelen féltér határsíkján, hanem a féltér, amelyiknek határsíkján áll, különböző rugalmassági együtthatójú és sűrűségű rétegekből van összetéve (12. ábra). Ütközés tartama alatt az alap feltöltődik helyzeti és moz-



12. ábra.

gási energiával. A rétegeket elválasztó felületek mentén visszaverődés lép fel, amely az egyes rétegek energiafelvételét igen erősen befolyásolja. Ha pl. az I. réteg  $xx$  határoló felülete tökéletesen visszaverő, továbbá a I. réteg rugalmasan isotrop, akkor az ütéstartam alatt ebben a térségben a szuperpozíció-elv értelmében ugyanannyi energia (helyzeti + mozgási) halmozódik fel, mint a rugalmas isotrop végtelen féltérben.

Fenti vizsgálatainkban az ütközés hatásfokát a közepes alakítási ellenállással kiszámított deformációs munkára vonatkoztattuk. Ha a hatásfokot az alakítási szilárdsággal számított tiszta deformációs munkára akarjuk megállapítani, akkor ezt a (76. egyenlettel megállapított) hatásfokot még a

$$\eta = \frac{k_f}{k} \quad (77)$$

hatásfokkal meg kell szoroznunk.

## ÖSSZEFOGLALÁS

Az irodalomban a kovácsolással kapcsolatos ütközési jelenségek magyarázatát a bizonyos fokig rugalmas két test centrális egyenes ütközésére szokták visszavezetni. Ez a feltevés csak nagyon durva megközelítésnek tekinthető, sőt a kovácsolással kapcsolatosan használatos rugalmassági együtthatóra vonatkozó feltevések tulajdonképpen minden reális alapot nélkülöznek.

Kovácsolásnál a kalapácson kétféle energiaátalakulást kell számbavenni. A kalapács medvéjének mozgási energiája az ütés tartama alatt részben maradó deformációs kovácsolási munkává alakul át és ezzel egyidejűleg a kalapácsban és az alapban rugalmas helyzeti és mozgási energia halmozódik fel. Az alakítás szempontjából az alapban és a kalapácsban felhalmozott helyzeti és mozgási energia elveszettnek tekintendő, viszont ez az az energia, amelyik a kalapács környezetének talaját lengőmozgásba hozza és esetleg a környezetre káros kihatással van. Hogy a medve mozgási energiájának hányadrésze alakul át hasznos maradó deformációs munkává és hányad része veszik el az alapban, azt a kovácsolás hatásfoka fejezi ki legjobban. Az alapozás helyes megszerkesztése szempontjából ismerni kell azt, hogy a kalapács alapja alatt fellépő talajfeszültség az ütés következtében mennyit növekszik. Fontos, hogy a statikus és dinamikus talajnyomás egy megengedett maximumot túl ne lépjen.

E dolgozatban megvizsgáljuk az ütközésnek azon eseteit, amikor két szabadon mozgó test úgy ütközik egymásba, hogy az ütés erejét az egyik test felületén elhelyezett képlékenyen deformálódó test veszi fel és közvetíti a két test felé, másodszer, amikor az a test, amelyen az ütés erejét közvetítő képlékenyen deformálódó test egy végtelen hosszú oszlop fedőlapján van elhelyezve, végül harmadszor, amikor az ütés erejét felvevő képlékenyen deformálódó test egy végtelen nagy rugalmas féltér határsíkján áll. Mindhárom esetben megállapítjuk az ütésnél fellépő deformációs erő nagyságát, az ütés tartamát, továbbá az ütés hatásfokát, illetve azt az energiamennyiséget, ami az ütés tartama alatt az alapzatban felhalmozódik.

# KORSZERŰ NAGYTERHELÉSŰ ÉS NAGYSEBESSÉGŰ BOLYGÓMŰVEK TERVEZÉSE

VIDÉKY EMIL

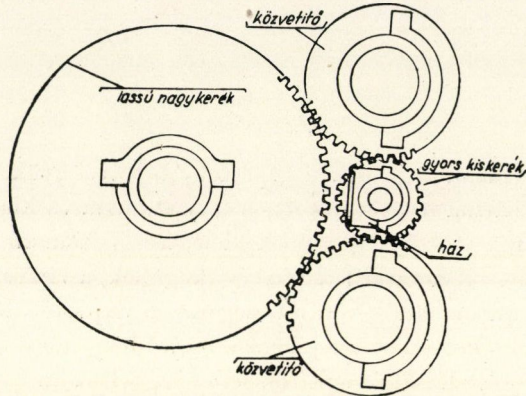
*Beérkezett 1951. április 3.*

A huszadik század eleje óta a gépészet alapelvei gyökeresen átváltoztak. A tizenkilencedik század megteremtette a szélesvonalú vaskos alapokat, melyek alkalmasak az ember főszükségeinek kielégítését izomerő helyett természeti erőkkel végeztetni. — Alkotásai : a gőz- és gázgépek, a vízerőgépek, a szerszám-  
gépek, a vasút és automobil, — mind megannyi alapvető, de még csak vaskos megoldás volt, melyeket talán az jellemez legjobban, hogy szolgálják ugyan a célt, de még nagy pazarlással és sok tökéletlenséggel. A huszadik század elejétől a gazdaságosság és a tökéletesítés elve veszi át a vezetést. Folytak ugyan már a mult század végén is igen mélyreható elméleti kutatások, például a hőelmélet terén és másutt is, de csak jelen századunkban indulnak meg igazán széles körben az elméleti kutatások. Új segédtudományok fejlődnek ki ; a gépészet gyakorlati céljainak kölcsönhatása más tudományok fejlődésére (fizikai, kémiai, matematikai stb.) egyre termékenyítőbb hatást gyakorol és viszont előre hajtja a gyakorlati célok megvalósításának lehetőségeit. A gépészet, mint általában minden gyakorlati tudomány, egyre jobban specializálódik és váratlan eredményeket ér el.

Jelen értekezésben a fogaskerék-hajtóművek bámulatosan rohamos fejlődésével és az alapelvek gyökeres átalakulásával óhajtunk foglalkozni. Az uralomra jutott új alapelvek: a férőhely- és súlycsökkentés, gazdaságos gyártás és a biztonság emelése. Ezek az alapelvek a nagy sebességekre való áttérés szükségének parancsoló hatása alatt keletkeztek. A hajtóerőt szolgáltató primérmotoroknál ugyanis jelenleg ez az egyedül járható út a haladáshoz. A nagysebességű és nagyterhelésű motorok szlipnélküli (kényszer) fordulatszámlassítása azokra az általánosán jóval kisebb kívánatos fordulatszámokra, melyeket a fogyasztógépek igényelnek, egészen más természetű fogaskerék-hajtóműveket követelnek, mint a mult időben. Folytonosan javulnak a fogaskerékanyagok szilárdsági viszonyai is, elsősorban az acélakéi, de ez a javulás csak korlátozott mértékű és nem elegendő ; ugrásszerű javulás itt egyelőre alig várható. Más módszereket kellett tehát találni, melyek legfontosabbika az ikerhajtásokra való bontás és ennek további kifejlesztése : a sokbolygós bolygómű. Az alap gondolat már régi keletű, megvalósítása azonban csak az újabb elméleti kutatások és az új segédanyagok (megfelelő olaj és gumi) előállításával vált lehetővé.

### Ikerhajtóművek

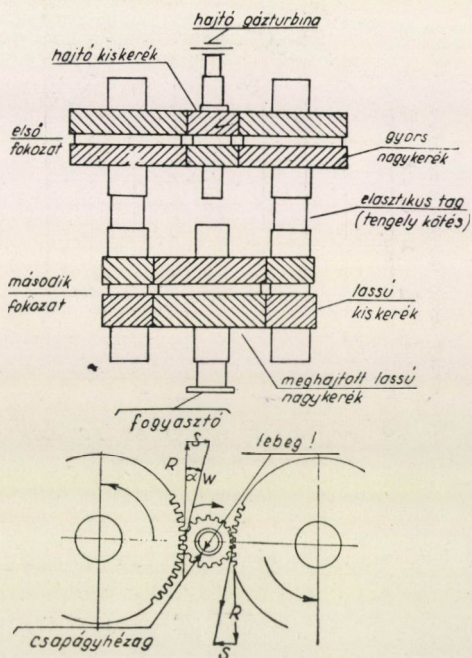
A bolygóművek tárgyalása előtt még általában a hajtótengely nyomatékának két, vagy több fogkapcsolódási helyre való helyezésével kell foglalkoznunk. A felbontás lényege már az 1. ábra egyszerű megoldásából — mely két közvetítő-



1. ábra.

kereket alkalmaz erre — is láthatóvá lesz. Közvetlen áttevésnél kétakkora fognyomást kellene kifejtteni. A két közvetítőkerék bonyolítja ugyan a szerkezetet, de mivel így csak félaakkora kerékszélességre van szükség, ügyes szerkesztés és kerékméretmegválasztással mégis számottevő férőhely és súlymegtakarítás érhető el. A fognyomás felére való csökkenése fejében a fogak igénybevételének frekvenciája megduplázódik ugyan és ez az anyagkifáradási határt is lecsökkenti — rendszerint azonban ez nem játszik szerepet, — mégis nem elfelejtendő körülmény. Az ikerhajtásra való bontás hatályosabb és gyakrabban alkalmazott megoldásmódját sematikusán 2. ábránk mutatja. Ez elrendezésnél a hajtómű már kétfokozatú. A hajtó kiskerék a teljesítményt két ikertengelyre megosztva viszi át a meghajtandó tengely nagy kerekére. Az ikertengelyek egyforma terhelését egy közbeiktatott torzióelasztikus kiegyenlítő tag biztosítja, mely az egyik ikertengelyben van elhelyezve és mely az elkerülhetetlen szerelési és gyártási pontatlanságokat magába feloldva kiegyenlíti. Elméletileg tökéletesen egyenlő terhelésmegosztás — vagyis mindenütt szimmetrikusan azonos fognyomás és egyenlően záródó erőfluxus — a két ikertengelyben soha nem érhető el, azonban a gyakorlati igényeknek megfelelő egyenlő elosztás igen jó közelítéssel megvalósítható. Hosszú és elég vékony ikertengelyek már egymagukban is létesítenek egy bizonyos mértékű torzióelasztikus kiegyenlítést, de ez még nem elegendő a fogérintkezések kellő egyformaságának biztosításához, mert ehhez a gyártási és szerelési tűrések túlzott szigorítása volna szükséges, ami a sok

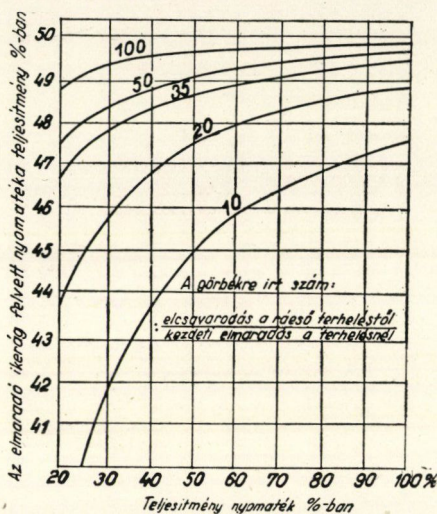
selejt miatt az előállítás költségeit elviselhetetlenné tenné és mégsem vezetne teljesen a célhoz. Egy nagyobb és ismert flexibilitású tag közbeiktatása sokkal jobban és egyszerűbben célra vezet, ha azt a gyártási és szerelési pontatlanságok megmérhető összegeződésének megfelelően beállíthatjuk. A gyakorlatilag egyenlő megosztás azáltal valósítható meg ez alapon, hogy az ikertengelyen ülő gyors kiskerék és lassú kiskerék közti tengelyrészbe egy állítható tengelykötést



2. ábra.

iktatunk be. Ha az ikertengelyek egyike jobban van terhelve, akkor jobban csavarodik el, mint a másik, elmaradó tengely. Kezdeti állapotban a késlekedő-tengely nem állott zárt erőfluxusban, mert a hajtófogai nem érintkeztek. Ezek csak akkor léptek kapcsolatba, mikor a másik ikertengely az egész terhelés alatt már annyira elcsavarodott, hogy az erőfluxus bezáródott, mert az elmaradt ikertengely gyors nagykerékének fogai érintkezésbe jutottak az elősiető tengely kerékfogaival és innen kezdve már az elmaradó tengely is felvesz bizonyos terhelést. Hogy mennyit, az attól függ, hogy mennyire késett. Ha tehát kezdeti állapotban az egyik ikertengely fogkapcsolásában elmaradás volt, akkor ez az ikerág soha sem hordhat ugyanannyit, mint a másik; az egyiknek előbb el kell csavarodnia annyira, hogy a fogak érintkezésbe jussanak. Számbeli képet a

szükséges elcsavarodásra a 3. ábránk diagrammgörbéi adnak. Világos, hogy ha a teljes terhelés alatt az egyik ikertengely elcsavarodása sokszorososa a kezdeti állapot elmaradásának megfelelő elcsavarodásnak (melyet a pontatlanságok kiegyenlítése kívánna,) — akkor a terhelésmegoszlás minden olyan terhelésnél, mely már közel jár a legnagyobb terhelés feléhez, gyakorlatilag már egyenlőnek tekinthető. Így például, ha a félterhelés nyomatókától az ikertengelyen ülő



3. ábra.

lassú kiskerek fogai 1,25 mm-el tolódtak volna előbbre, de ezzel szemben a kezdeti fogkapcsolásban csak 0,025 mm-nyi elmaradás volt, akkor minden oly terhelésnél, mely több, mint 40%-a a teljes terhelés felének, a tehermegoszlás 1,275 : 1,225 viszonynál kedvezőbb, ami gyakorlatilag mindenesetre teljesen elfogadható és nem zavarja a hajtómű működését. A felvett számértékek az elmaradásviszony tipikus értékterületének felelnek meg. E viszonyszám további javítására csak a kezdeti elmaradás csökkentése nyújt módot, amire több eljárás kínálkozik. Erre szolgál a közbeiktatott tengelykötés, melynek ékelését kivesszük, hogy szabadon foroghasson és ezután mesterséges csavarónyomatékkal oly mértékben elforgatunk, hogy az állva maradó rész és az elforduló másik rész annyira távolodjék, míg az erőfluxus záródik, vagyis a fogfelszínek mindenütt éppen érintkezésbe jutnak. A fellazított tengelykötés állva maradó agyában ezalatt a tengely kissé elmozdul, amit pontosan megmérünk, legcélszerűbben az agyhorony éle és a tengelyhorony éle közötti távolságot olvasva le. Ezen mérésadat alapján a felékelést az új, javított helynek megfelelően újra készítjük. Ennek a módszernek egy másik változata az, hogy a tengelykapcsoló ékelését általában későbbre halasztjuk, mikor ugyanis már az erőfluxus záródását előidéző nyomatókat már létesítettük és az ékelés helyét ebben a helyzetben

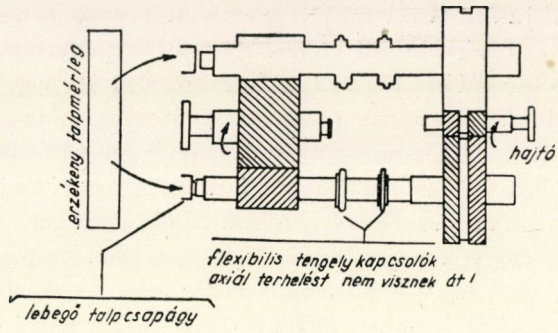
jelöljük ki és készítjük el. Rendszerint egyenes ék használatos. Az egész műveletet három vagy négy begyakorolt szerelő gyorsan és pontosan el tudja végezni még a legnagyobb méretű hajtóműnél is. Lehet az eljárást még különleges mérőműszerekkel és nóniusz-rendszerűen kinagyított leolvasásokkal tökéletesíteni is. Az ikerhajtás azonban a flexibilis tengelytag és tengelykötés beiktatásán kívül, valamint az erőfluxus helyes beállításán kívül még megkívánja annak biztosítását, hogy az erőfluxus üzem közben is automatikusan helyes maradjon. Ezt azzal lehet elérni, hogy a hajtó kiskerék tengelyének csapágyában elegendő hézagot hagyunk arra, hogy a kiskerék lebeghessen. Az ikerhajtás eddig még szóvá nem tett igen fontos előnye ugyanis, hogy úgy a hajtó kiskerék, mint a meghajtott nagykerék fognyomásai egymást éppen ellensúlyozván, nem gyakorolnak nyomást a csapágyaikra; azoknak mindössze csak a kerék és a tengely súlyát kell hordaniok és így úgyszólván terhelésmentesen lebeghetnek. Ezt 2. ábránknban alul jól láthatjuk: ha az egyik ikerág többet hordana, mint a másik, akkor a fognyomás reakciója a hajtó kiskereket bekényszeríti a másik ágon ülő kerékkel fokozott fognyomású érintkezésbe, amennyire ezt a csapágyhézag engedi.

Kínálkozik azonban ennél a módszernél egy hatályosabb és biztosabb megoldás is. Ha a kerekek nem nyilas alakításúak, hanem csak egyszerűen ferde fogazásúak, vagy, ha csak az egyik párosítás egyszerű ferdefogazás, akkor axiális nyomás keletkezik, mely mindig olyan értelmű, hogy a fogazásról a terhelést letolni, attól szabadulni igyekszik. Ezt az axiális erőt egy talpcsapágy veszi fel, melyet úgy szerkesztünk meg, hogy meghagyunk neki egy csekély elmozdulási utat, a megtámasztását pedig egy talpmérleggel végezzük (hasonlóan, mint egy lófogatú kocsinál a kisafa van közbeiktatva, hogy a lovak egyformán húzzanak); eképpen a talpmérleg másik karja a másik ikertengelyt támasztja meg az axiális erő ellenében és a két axiális erő mindenkor egyensúlyt tartva, helyesen osztja meg a terhelést két egyenlő félre. Ez az érzékeny talpmérleg lehet egyszerűen egy kétkarú emeltyű, de lehet azt hidraulikus dugattyúkkal, elektromosan, vagy más módon is kialakítani (kisebb hajtóműveknél forgótalp, vagy kompass-szerű megoldás alkalmas).

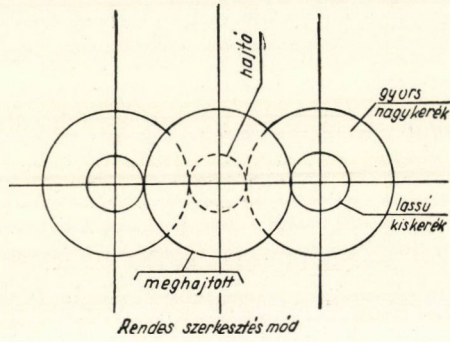
Különösen ajánlatos ez a módszer nagyterhelésű, pontos fogazású és szűk férőhelyre tömörített hajtóműveknél, melyeknek szét- és összeszerelése bajos a hozzáférés nehézségei miatt. Az elrendezés sémáját 4. ábránk mutatja.

Az ikerhajtásnak még egy további előnyös tulajdonsága az, hogy a hajtó és a meghajtott tengely középvonala egybe (egymás folytatásába) esik és fordulatértelmük egyező, mint azt 2. és 5. ábránkból láthatjuk.

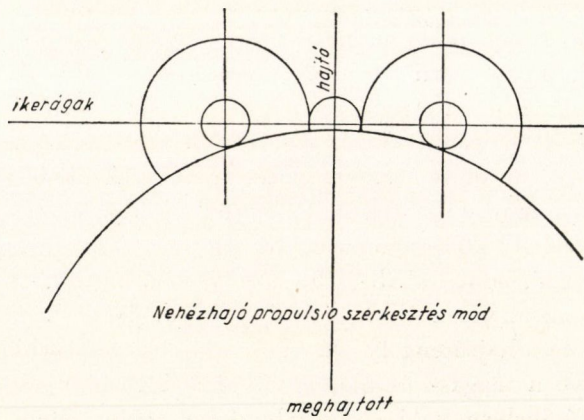
Megoldható azonban az elrendezés úgy is (6. ábra), hogy a meghajtott tengely középvonala a hajtótengely alá essék, aminek többturbínás hajópropulzióknál van előnye a magas- és alacsonynyomású turbina és a kondenzátor alkalmas és kis férőhelyen való elrendezhetősége tekintetében. Az ikerhajtás kétfokozatú, tehát nagy áttevésekre alkalmas és a nagy terheléseket tekintélyes



4. ábra.



5. ábra.



6. ábra.



férőhelycsökkentéssel és súlymegtakarítással oldja meg, azonfelül tartalékolt működésképesége is van : ha egyik vagy másik eleme megsérülne, ideig-óráig nagyobb igénybevétel árán ugyan, de elháríthatja a teljes letörést.

Az ikerhajtás alapelveinek további fejlesztése a többszörös ikerágakra való bontás, amit a korszerű bolygóművek valósítanak meg.

### Nagysebességű és terhelésű bolygóművek

A súly- és férőhelycsökkentésre, különösen a repülőgépeknél, igen sok szellemi munkát fordítottak, sokkal többet, mint más ipari alkalmazások terén. Az eredmények azonban hasznosíthatók mindennemű fogaskerék-hajtóműnél. A gázturbinás repülőjáratok lassító hajtóműveinek problémái talán leginkább járultak hozzá a bolygóművek tökéletesítéséhez. Lényegében az eltérés a rendes bolygóművektől egy rugalmas tag közbeiktatásában áll, mellyel a bolygók egyenletes teherviselése érhető el. — A tervezés fő szempontjai a következők :

1. A bolygókat a bolygókosárban nem mereven, hanem rugalmasan kell beépíteni.

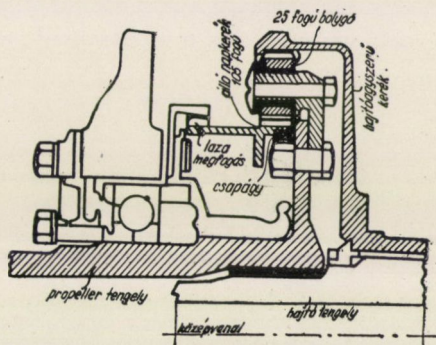
2. A fogazást az üzemi behajlások kiegyenlítésére alkalmasan, a rendestől eltérően kell alakítani.

3. A terhelés fokozhatóságára a fogazás kapcsolószámát a lehető maximumra kell növelni.

4. A gyártásnál a bolygócsapok elhelyezésénél, a bolygók és hajtókerék excentricitásánál, a fogosztásoknál, valamint a bolygók fogjátékközénél igen szigorú tűréseket kell betartani.

### Bolygóműtípusok

Repülőgépeknél azért alkalmaznak bolygóművet, mert a súlyegységre vonatkoztatva jóval nagyobb lóerőszámot lehet átvinni és nagyobb áttevések érhetők el, mint rendes fogaskerék-hajtóműveknél. A 7. ábránban vázolt boly-



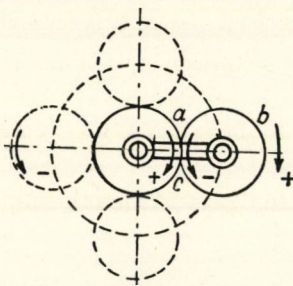
7. ábra.

gómú például mindössze 50 kg súlyú és 1750 HP-t képes átvinni. — A bolygómű további előnye az, hogy két-, esetleg több eredőfordulatszámot érhetünk el vele anélkül, hogy a kerekeket ki kellene mozdítani a kapcsolásból.

A bolygóművek fordulatszámösszefüggései eléggé bonyolultak, miért is mindenekelőtt az e viszonyok világos áttekintésére szolgáló lehető egyszerű módszerrel kell részletesebben foglalkoznunk, G. Schlesinger (Werkstattstechnik. 1910) munkái nyomán.

### Bolygóművek áttevésviszonyai

A bolygóművek mozgásviszonyait a következőkben lehető egyszerű formában kívánjuk tárgyalni, részben elemi szemlélet, részben tisztán algebrai és geometriai műveletek útján.



8. ábra.

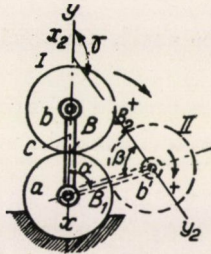
Egy bolygóműben egy, vagy több keréknek a saját tengelye körüli forgásán kívül még egy más tengely körüli elforgása is van és az eredő elforgás ezekből tevődik össze.

I. Az elemi bolygómű (8. ábra). Jelöljük a középső napkereket  $a$ -val, a bolygókereket  $b$ -vel, a bolygótartó kart (hidat)  $c$ -vel. Az  $a$  és  $b$  betűk jelentsék egyszersmind az illető kerék fogszámát, vagy osztókörugarát is.

Mindenkor pozitívnek vesszük az óramutatóval egyező forgásértelmet, bármely tengelyre vonatkozzék is.

Elő megfigyelésünknel álljon rögzítve a  $c$  híd és tegyen az  $a$  nap  $+1$  teljes fordulatot. Ekkor a  $b$  bolygó a fogszámok arányában  $-\frac{a}{b}$  fordulatot tesz saját tengelye körül, mint ahogyan egy rendes kerékáttevésnél tenné. Ezután rögzítsük az  $a$  napot és a  $c$  híd keringjen  $+1$ -szer a nap körül. Ekkor a  $b$  bolygó összetett forgást végez:  $+1$ -szer a  $c$ -vel együtt, és  $+a$ -szor a saját tengelye körül, — összesen tehát  $1 + \frac{a}{b}$  fordulatot tesz meg.

Célszerű lesz ezt az egyszerű szemléletből nyert eredményt rajzban és számításban is megvilágítani, mert ez a kulcspontja a bolygórendszer áttevés-viszonyainak.



9. ábra.

II. Részleges elmozgás (9. ábra). A 9. ábránkban az elfordulásnak csak egy részletét vizsgáljuk, ami általános alakot ad a törvényszerűségnek. Az I. helyzet a kiindulás, — a II. helyzet az elmozdulások valamely fázisa.

Ha az *a* nap van rögzítve, akkor a többi elem viszonylagos elmozgásai, melyeket szögekkel jelölünk meg, a következők :

1. *c* az *a*-hoz : .....  $\alpha$
2. *b* a *c*-hez : .....  $\beta$
3. *b* az *a*-hoz : .....  $\gamma$

Az *a* elfordulásszöget tetszőlegesen felvesszük. Közvetlenül láthatjuk 9. ábránkból, hogy a  $\beta$  szöget azon alapon kaphatjuk meg, hogy a *b* bolygó *B* pontja az I. helyzetből a II. helyzetben *B*<sub>2</sub>-be úgy jut el, hogy *BB*<sub>1</sub> ívhossz = = *B*<sub>1</sub>*B*<sub>2</sub> ívhosszal, mert azok egymáson legördülnek. A *b* bolygó középpontján átmenő *xy* irányvonalnak a II. helyzetben a *B*<sub>2</sub> ponton kell átmennie és az *x*<sub>2</sub>*y*<sub>2</sub> helyzetet kell elfoglalnia. Ebből az *xy* irányvonal teljes elfordulásszöge  $\gamma$ , — (mikor is a *b* bolygó a *b'* helyre jutott) — már kiadódik, ugyanis :

$$a \cdot \alpha = b \cdot \beta ; \text{ (ívhossz = sugárszor központi szög)}$$

$$\frac{\beta}{a} = \frac{\alpha}{b} ; \quad \beta = \frac{a}{b} \cdot \alpha ; \text{ és ebből (mint külső szög) megkapjuk : } \gamma = \alpha + \beta.$$

A 3. viszonylatra :

$$\gamma = \alpha + \beta = \alpha + \frac{a}{b} \cdot \alpha = \alpha \cdot \left( 1 + \frac{a}{b} \right)$$

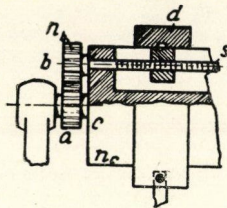
$$\frac{\gamma}{\alpha} = 1 + \frac{a}{b}$$

A  $b$  és  $c$  fordulatszámai legyenek  $n_b$  és  $n_c$ ; ezek arányosak a szögekkel, miszerint :

$$\frac{n_b}{n_c} = 1 + \frac{a}{b}.$$

Az eredmény tehát azonos azzal, amit már az egyszerű szemlélet is megadott.

*Példa.* A 10. ábrában egy  $c$  fűrőrúd és a rajta előtolt  $d$  fűrőfej (a késsel) van ábrázolva, melyet egy 12 mm emelkedési magasságú  $s$  csavarorsó től előre.



10. ábra.

Legyenek a percenkénti abszolút fordulatszámok :  $n_c$  a fűrőrúd (vagyis a bolygótartó hídé) ; — és  $n_b$  a bolygóé. Az  $a$  nap rögzítve van a gépállványhoz, rajta gördül le a  $b$  bolygó.

A fűrőfejnek,  $d$ -nek, 0,6 mm előtolást akarunk adni a  $c$  fűrőrúd egy teljes fordulata alatt.

Fentiek szerint :

$$\frac{n_b}{n_c} = 1 + \frac{a}{b}.$$

Azonban meggondolandó, hogy a fűrőfej előtolására nem a bolygónak fenti  $n_b$  abszolút fordulatszáma a mértékadó, hanem az  $n_b'$  saját tengelye körüli relatív fordulatszáma. Le kell tehát vonnunk belőle a  $c$  fűrőfej (bolygótartó) egy teljes fordulatát. Eszerint :

$$\frac{n_b'}{n_c} = \frac{n_b}{n_c} - 1 = 1 + \frac{a}{b} - 1 = \frac{a}{b}.$$

A fűrőfej percenkénti előtolása tehát  $= n_b' \cdot s$  (fordulatszám-szor emelkedés) az  $n_c$  fűrőfordulatszám alatt. Végeredményben :

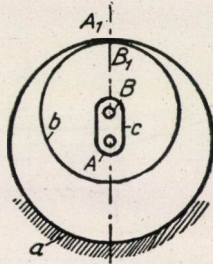
Előtolás :

$$= \frac{n_b'}{n_b} \cdot s = 0,6 \text{ mm} = \frac{a}{b} \cdot 12 ; \text{ amiből :}$$

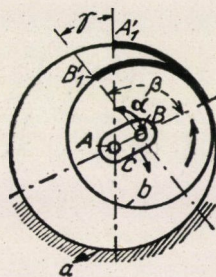
$$\frac{a}{b} = \frac{0,6}{12} = \frac{1}{20} \text{ adódik, mint választandó áttevés.}$$

Ily nagy áttevést rendszerint nehezebb egy kerékpárral kivitelezni, azért más módhoz szokás fordulni, amiről később fogunk szólni.

III. Az egyik fogazás belső fogazás (11—12. ábra). Ez esetben az 12. ábra szerint:  $\beta = \gamma + a$ ; mivel  $a$  és  $\gamma$  óramutató ellen forognak, negatív jellel látandók el:



11. ábra.



12. ábra.

(mint előbb is volt).

Mivel:  $b \cdot \beta = -a \cdot a$  (a negatív jel a belső fogazás miatt van)

$$\gamma = a - \frac{a}{b} \cdot a = a \cdot \left(1 - \frac{a}{b}\right); \quad \frac{\gamma}{a} = -\left(\frac{a}{b} - 1\right)$$

(mivel  $a > b$ , következésképp, ha  $a$  pozitív, akkor  $\gamma < 0$  (negatív), vagyis ellenkező értelemben forog, mint  $b$ ).

IV. Egyszerű számításmód. Egy világosan áttekinthető, egyszerűsített mód a bolygómu mozgáviszonyainak meghatározására a következő mozgáselemzésen alapul:

1. Elmozdulás (8. ábra).

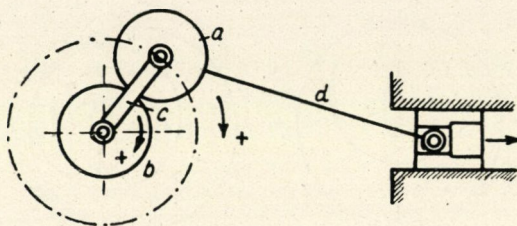
Kerekeket és hidat együvé rögzítve képzeljük úgy, hogy az alkotó elemek egymáshoz képest ne mozdulhassanak el. Ily állapotban mindhárom  $a$ ,  $b$ , és  $c$  elemet egy egészként egyszer pozitív körülforgatjuk az  $a$  nap tengelye körül. Ekkor táblázatosan:

	$a$	$b$	$c$	egymásközt rögzítve
1.	+1	+1	+1	fordulat

2. Elmozgatás: mivel  $a$ -nak az üzemben rögzítve kell lennie, tehát előbbi elforgatása helytelen volt és egy negatív fordulattal vissza kell azt forgatnunk,

hogy a tényleges állapotot megkapjuk. Elforgatásnál a  $c$  híd van rögzítve. Látható az 1. ábrából, hogy  $b$ -nek ismét pozitív kell tovább forognia  $\frac{a}{b}$  arányban.

Így tehát :



13. ábra.

	$a$	$b$	$c$
	+1	+1	+1
	$-L$	$+\frac{a}{b}$	0
Eredmény :	0	$1+\frac{a}{b}$	+1

Ha például  $a = b$ , akkor  $b$  fordulata  $= 1 + \frac{1}{1} = 2$ ; és pedig egyszer a saját tengelye körül és egyszer az  $a$  tengelye körül.

*Szám példa :*  $a = 60$ ,  $b = 45$  (fogszámok);  $c$  keringjen 15-ször negatív értelemben körül. Mennyit fordul  $b$  és milyen értelemben?

	$b$	$b$	$e$
$a, b, c$ rögzítve ..	-15	-15	-15
$c$ rögzítve .....	+15	$-15 \frac{60}{45}$	0
Eredmény.....	0	-35	-15

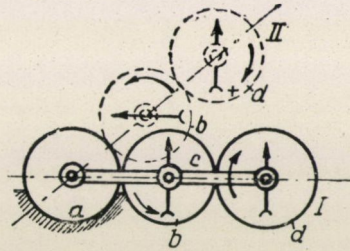
Ha tehát  $a$  áll, akkor  $b$  35 negatív fordulatot tesz.

*Alkalmazáspélda.* WATT az akkoriban fennálló forgattyúszabadalmat a 13. ábrában látható módon kerülte el. Itt az  $a$  nap a  $d$  hajtórúddal van mereven összekötve, saját tengelye körül nem foroghat. A  $b$  bolygó a forgattyútengelyre van felékelve; a  $c$  bolygótartó az összekötőhíd. Az  $a$  és  $b$  kerekek egyenlők. — Kiindulva a keresztfej első holtpontjából, egy löket után az  $a$  a  $d$ -vel elérkezik a másik holtpontba és ezután a visszalöket ismét visszahozza őket a kiinduló helyzetbe. — Mennyit fordul a  $b$  bolygó?

Számszerint: az  $a$  kerék (eltekintve némi kis lengéstől, amit a hajtórúd véges hossza idéz elő), nem forog.

A  $b$  bolygó (mivel  $a = b$ ),  $1 + 1 = 2$  pozitív fordulatot tesz.

A  $c$  híd  $+1$  fordulatot végez.



14. ábra.

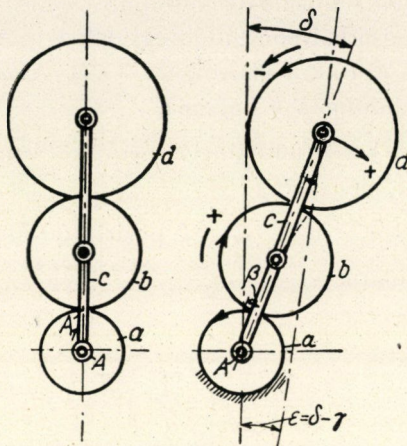
V. Hármaskerékláncolat (14. ábra). A kettős láncolatból egy közvetítőkerék közbeiktatásával, mely megváltoztatja a fordulatértelmet, nyerjük a hármaskerékláncolatot. A közbeiktatott kerék fogszáma az egyéb fordulatszámokra közömbös, azokat nem befolyásolja. Legyen mindhárom kerék egyenlő. — Mennyit és milyen értelemben fordul a  $d$  bolygó, ha a  $c$  híd  $-3$  fordulatot tesz az  $a$  nap tengelye körül?

	$a$	$b$	$d$	$c$
$a, b, d, c$ rögzítve	$-3$	$-3$	$-3$	$-3$
$c$ rögzítve .....	$+3$	$-3$	$+3$	$0$
Eredmény.....	$0$	$-6$	$0$	$-3$

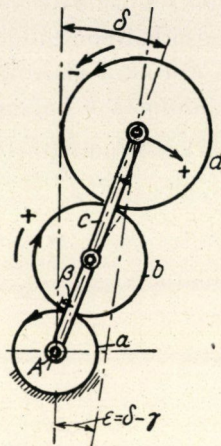
Az eredmény némileg meglepő: rögzített  $a$ -nál a  $d$  nem forog saját tengelye körül, ellenben a közvetítő  $b$  két negatív fordulatot tesz (ha a kerekek egyenlők). Ha jelző mutatónyilat rajzolunk a kerekekre (7. ábra), úgy a nyíl a  $d$  bolygón állandóan függélyes marad.

Az ívelmozdulásokat nézve (15. és 16. ábra) közvetlen látható, hogy :

$$a \cdot \delta = b \cdot \beta = d \cdot \gamma ; \text{ tehát } a \cdot \delta = d \cdot \gamma ; \frac{a}{d} = \frac{\gamma}{\delta}$$



15. ábra.



16. ábra.

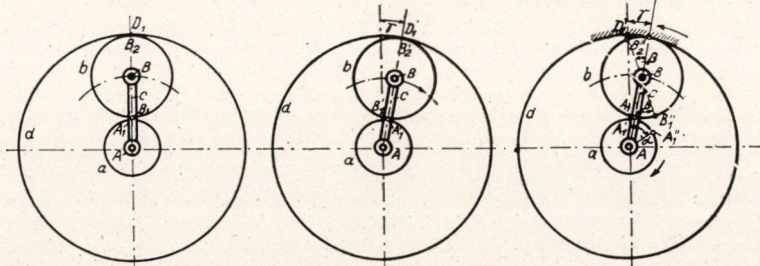
ami mutatja, hogy a közvetítőkerék kiesik a számításból.

Egy ismert algebrai átalakítással :

$$\frac{d-a}{d} = \frac{\delta-\gamma}{\delta} = \frac{\epsilon}{\delta} ; \quad 1 - \frac{a}{d} = \frac{\epsilon}{\delta} = \frac{n_d}{n_e}$$

ami mutatja a  $d$  halygó és a  $c$  híd sebességviszonyát.

VI. *A zárt bolygómű. (17—19. ábrák).* Az elemi bolygóműnél gyakorlatilag sokkal jelentősebb a zárt bolygómű, melynek négy tagja van : az  $a$  nap, a  $b$  halygó, a  $c$  híd, és az ezeket (a nappal koncentrikusan) összefogó  $d$  belső fogazású gyűrű.



17. ábra.

18. ábra.

19. ábra.

Kezdjük a mozgásviszonyok áttekintését a  $c$  híd és az  $a$  nap viszonylagos mozgásának vizsgálatával, az  $a$  nap egy adott elforgásánál. A kiinduló I. helyzetet a 17. ábra mutatja :



$d$  gyűrű (áll), —  $b$  bolygó, —  $c$  híd, és  $a$  nap (mozog) az alkotó elemek. A II. helyzetben (18. ábra) az egész rendszert rögzítve az  $A$  középpont körül elforgattuk. Az  $a$ ,  $c$ , és  $d$  egyaránt  $\gamma$ -szöggel fordultak el az  $A$  körül. A  $b$  bolygó saját tengelye körül nem végzett forgást. Az összetartozó  $A_1$  és  $B_1$  pontok ezalatt  $A'_1$  és  $B'_1$ -be, — hasonlóan a  $B_2$  és  $D_1$  pontok a  $B'_2$  és  $D'_1$ -be érkeztek.

A III. helyzetben (19. ábra) a  $c$  hídát rögzítettük és a  $d$  gyűrűt ismét annyira forgattuk visszafelé, hogy  $D'_1$  pont visszajusson a kiinduló helyzetébe, melyet ábránkban  $D''_1$ -vel jelöltünk. Ezalatt  $B'_2$  pont  $B''_2$ -be,  $B'_1$  pont pedig  $B''_1$ -be, és  $A'_1$  pont  $A''_1$ -be jutott el.

Meghatározandó, mennyit fordul  $c$  híd, ha az  $a$  egy oly  $\alpha$  szöggel fordul el, mely az  $A_1A'_1$  ívnek felel meg? (19. ábra). — Az  $A_1A'_1 = a \cdot \alpha$ , mely ívhossz összetevődik:  $a \cdot \gamma$  (19. ábra), és  $b \cdot \beta$  ívhosszakból. (12. ábra).

$$a \cdot \alpha = a \cdot \gamma + b \cdot \beta.$$

Azonban a III. helyzet (19. ábra) szerint:  $b \cdot \beta = d \cdot \gamma$ ; tehát:

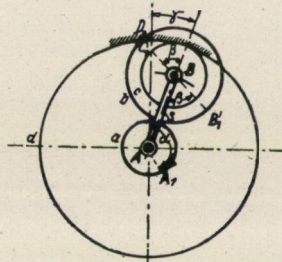
$$a \cdot \alpha = a \cdot \gamma + d \cdot \gamma = \gamma \cdot (a + d)$$

$$\frac{a}{\gamma} = \frac{a + d}{a} = 1 + \frac{d}{a} = i.$$

Ha  $n_a$  és  $n_c$  az  $a$  nap és a  $c$  híd fordulatszámjai, melyek arányosak az elfordulászögekkel, akkor:

$$i = \frac{n_a}{n_c} = 1 + \frac{d}{a}.$$

Ezt az eredményt összehasonlítva a 15. és 16. ábrák hármaskerékláncolatával látjuk, hogy az előjel megváltozott, az áttevésviszony pedig a reciprok értéké alakult, mert a  $d$  gyűrűt rögzítettük; ezenfelül visszatértünk a naptengely kiinduló helyzetébe.



20. ábra.

Az ily zárt bolygóművet sok gyakorlati esethez használhatjuk.

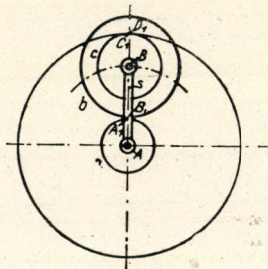
A táblázatos módszerrel :

	$a$	$d$	$c$
Összerögztítve .....	+1	+1	+1
A $c$ rögzítve .....	$+\frac{d}{a}$	-1	0
Eredmény.....	$1+\frac{d}{a}$	0	+1

Példa :  $d = 120$ ,  $a = 60$ . — A  $c$ -nek +1 fordulatanál az  $a$  fordulatszám =  $1 + 2 = 3$ .

VII. Áttevésnövelés testvérkerekek útján (Compound-bolygó: 20. és 21. ábra). Ha közvetítőkerekek helyett testvérkerekeket iktatunk a bolygóműbe, a 20. ábra szerint, akkor az alkotóelemek :

$a$  nap (mozog) ;  $d$  gyűrű (rögzített) ;  $b$  bolygó ;  $c$  második bolygó, — és  $s$  híd.



21. ábra.

A 21. ábrából közvetlen kitűnik, hogy :

$$a \cdot a = a \cdot \gamma + b \cdot \beta ; \quad b \cdot \beta = c \cdot \beta \cdot \frac{b}{c}$$

$$a \cdot a = a \cdot \gamma + d \cdot \gamma \cdot \frac{b}{c} = a \cdot \gamma \cdot \left( 1 + \frac{b \cdot d}{a \cdot c} \right)$$

$$\frac{a}{\gamma} = 1 + \frac{b \cdot d}{a \cdot c}$$

$$i = \frac{n_a}{n_s} = 1 + \frac{b \cdot d}{a \cdot c} .$$

Példa : (20. ábra)

$$a = 60 ; b = 40 ; c = 20 ; d = 120 .$$

Ha  $d$  rögzített, akkor :

$$i = \frac{n_a}{n_c} = 1 + \frac{40 \cdot 120}{60 \cdot 20} = 5$$

(Előző példánkban, mikor csak egy bolygó<sup>\*</sup> volt, az áttevés  $i = 3$  volt csak.)

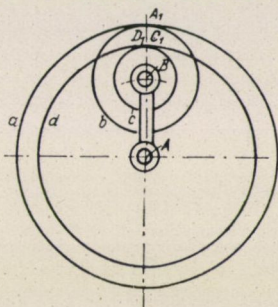
Mennyit fordul az  $a$  nap, ha a  $d$  gyűrű  $+5$  fordulatot és az  $s$  híd  $-6$  fordulatot tesz?

Rögzítsünk először mindent és így tegyünk  $-6$  fordulatot (táblázatunk első sora). Ezután a  $d$  gyűrűt, — rögzített  $S$  hídnál visszaforgatjuk  $+6$ -szor (táblánk második sora). Végül forgassuk a  $d$  gyűrűt még további  $+5$ -ször, az utolsó feltevés kielégítésére (táblánk harmadik sora).

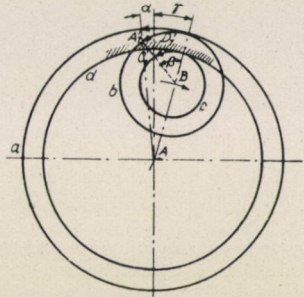
	$d$ gyűrű	$a$ nap	$s$ híd
1. sor .....	$-6$	$-6$	$-6$
2. « .....	$+6$	$-6,4 = -24$	$0$
3. « .....	$+5$	$-5,4 = -20$	$0$
Eredmény.....	$+5$	$-50$	$-6$

Az  $a$  nap tehát  $-50$  fordulatot tesz, ha az  $s$  híd  $-6$  fordulatot, és a  $p$  gyűrű  $+5$  fordulatot végez.

A képlet szerint számítva azonos eredményre jutunk, ugyanis :  $i = 1 + 4 = 5$ ;



22. ábra.



23. ábra.

$-6$  hídfordulatnál  $-6,5 = -30$  fordulat adódik, melyhez a  $d$  gyűrűnek  $-5,4 = -20$  fordulata járul, összesen tehát  $-50$  fordulat az eredmény, mint a táblában.

VIII. Az  $a$  napot egy második belsőfogazású gyűrűként képezzük ki (22. és 23. ábra). A 23. ábrából közvetlen látható hogy:  $a \cdot a = a \cdot \gamma - \beta \cdot \beta$ ; ahol:  $\beta > a \cdot \gamma$  és ezért  $a$  a függélyestől balra esik.

$$b \cdot \beta = c \cdot \beta \cdot \frac{b}{c} = d \cdot \gamma \cdot \frac{b}{c}$$

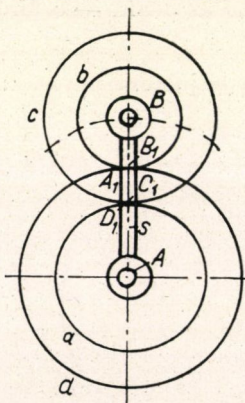
$$a \cdot a = a \cdot \gamma - d \cdot \gamma \cdot \frac{b}{c}$$

$$a = a \cdot \gamma \cdot \left(1 - \frac{d \cdot b}{a \cdot c}\right)$$

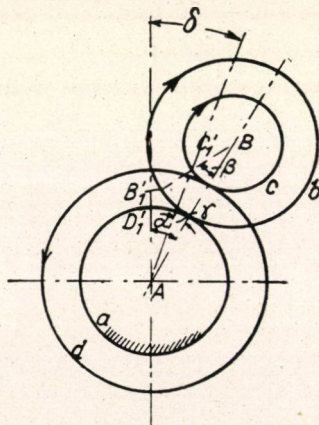
$$\frac{a}{\gamma} = i = 1 - \frac{d \cdot b}{a \cdot c}$$

A  $d$  gyűrű a kiinduló helyzetben van, mialatt a híd a testvérkerekkel forog. Nehézség a számításában akkor sincsen, ha fenti képleteknél az eredetileg álló gyűrűt képzeljük el forgatva.

IX. Gyűrűk helyett külső fogazások alkalmazása (24. és 25. ábra). Alkotó elemek:  $a$  = első nap;  $d$  = második nap;  $b$  = első bolygó;  $c$  = második bolygó;  $s$  = híd.



24: ábra.



25: ábra.

Ha a bolygók a II. helyzetbe jutnak (25. ábra), miközben  $a$  nap rögzítve van, akkor a legördült egyenlő ívhosszak:  $a \cdot a = b \cdot \beta$ ;

$\beta = \frac{a}{b} \cdot a$ ; továbbá:  $c \cdot \beta = d \cdot \gamma$ , mert  $c$  és  $b$  egymáshozkötöttek, tehát

lefordulásszögük egyenlő, mindkettőnél  $= \beta$ . Másfelől  $c$  és  $d$  egymáson gördülvén, legördülő ívhosszuk egyenlő. Ebből következőleg :

$$d \cdot \gamma = c \cdot \frac{a}{b} \cdot \alpha; \quad \gamma = \frac{c}{d} \cdot \frac{a}{b} \cdot \alpha;$$

ami a  $d$  gyűrű hátrafordulása, ha az  $s$  híd rögzítve van és a többi kerék gördül. A  $d$  gyűrű összes elforgását, vagyis  $\delta$ -t tehát megkapjuk, ha  $\gamma$  szöget levonjuk  $\alpha$  szögből :

$$\delta = \alpha - \gamma = \alpha - \frac{c}{d} \cdot \frac{a}{b} \cdot \alpha = \alpha \left( 1 - \frac{a \cdot c}{d \cdot b} \right)$$

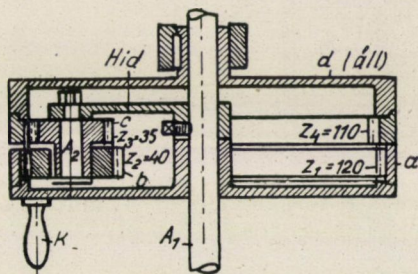
$$\frac{\delta}{\alpha} = i = 1 - \frac{a \cdot c}{d \cdot b}$$

1. példa (belső fogazásokkal) (26. ábra).

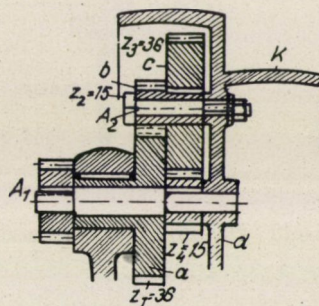
Egy  $a$  gyűrű 120 foggal hajtja a  $b$  40 fogú és a  $c$  36 fogú bolygókkal az  $A$  tengelyt, miközben a 110 fogú  $d$  gyűrű rögzítve áll. Ekkor :

	$a$	$d$	$s$	$b$	$c$
Minden rögzítve ..	+1	+1	+1	+1	+1
$s$ híd rögzítve ....	$-\frac{110 \cdot 40}{36 \cdot 120}$	-1	0	$-\frac{110}{36}$	$-\frac{110}{36}$
Eredmény .....	$1 - \frac{110 \cdot 40}{36 \cdot 120}$	0	+1	$1 - \frac{110}{36}$	$1 - \frac{110}{36}$

Vagyis az  $s$  hídnak az  $A_1$  tengellyel való +1 elfordulásánál az  $a$  gyűrű (a  $K$  forgattyúval)  $1 - \frac{110 \cdot 40}{36 \cdot 120} = -\frac{1}{54}$  fordulatot tesz.



26. ábra.



27. ábra.

A képletekkel való számítással azonos eredményt kapunk (15. és 16. ábra) :

$$\frac{a}{\gamma} = i = 1 - \frac{d \cdot b}{a \cdot c} = 1 - \frac{110}{120} \cdot \frac{40}{36} = -\frac{1}{54}.$$

2. példa (homlokkerekekkel) 27. ábra.

Egy fűrógép lépcsős szíjtárcsájával keringenek a  $b$  és  $c$  bolygók, melyek az  $A_2$  csapon ülnek, — a rögzített  $a$  nap körül és hajtják a  $d$  második napkeréken át az  $A_1$  előtolás tengelyt. A 24 és 25. ábrákból nyert levezetés alapján az  $a$ -tól  $d$ -ig való áttevés :

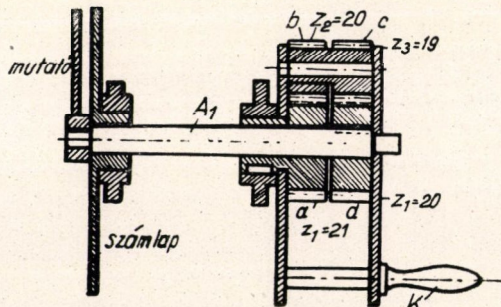
$$i = 1 - \frac{a \cdot c}{b \cdot d}.$$

A fogsámok :  $a = 36$  ;  $b = 15$  ;  $c = 36$  ;  $d = 15$ .

$$i = 1 - \frac{36 \cdot 36}{15 \cdot 15} = -\frac{19}{25}.$$

Az  $A_1$  tengely a  $d$  nappal  $4 \frac{19}{25}$ -ször fordul, ha a  $K$  lépcsős szíjdob  $+1$  fordulatot tesz. Táblázatosan :

	$a$	$d = A_1$	$K$
Összerögzítve .....	+1	+1	+1
$K$ rögzítve .....	-1	$-\frac{36 \cdot 36}{15 \cdot 15} = -5 \frac{19}{25}$	0
Eredmény.....	0	$-4 \frac{419}{25}$	+1



28. ábra.

3. példa (28. ábra). Milyen az áttevés a  $K$  forgattyú és az  $A_1$  mutató tengely között, ha a fogsámok :

$$1. a = 21 ; b = 20 ; c = 19 ; d = 20.$$

Az áttevés :

$$i = 1 - \frac{a \cdot c}{b \cdot d} = 1 - \frac{21 \cdot 19}{20 \cdot 20} = 1 - \frac{399}{400} = + \frac{1}{400} ;$$

2. ha  $b = c = 20$  — mint az gyakori eset,  $b = c = 20$

$$i = 1 - \frac{20 \cdot 21}{20 \cdot 20} = - \frac{1}{20} .$$

3. ha  $a = d = c = 20$  és  $b = 21$

$$i = 1 - \frac{20 \cdot 20}{21 \cdot 20} = + \frac{1}{21} .$$

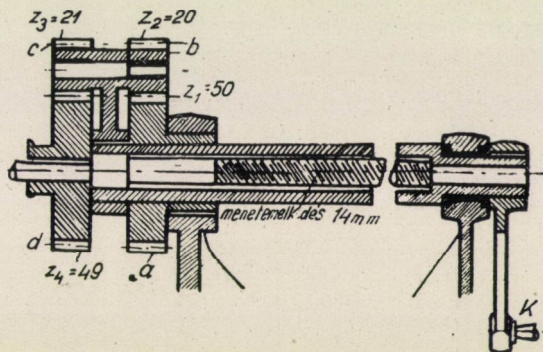
E három eset mutatja, hogy csekély változtatás a fogszámokban már igen tekintélyesen megváltoztatja az áttevést, ami annyiban fontos, hogy — a képlet mínusz jele következtében — a meghajtott tengely forgásértelmét két kerék átcserelésével megváltoztathatjuk anélkül, hogy ezzel az áttevés nagysága még lényeges változást szenvedne, mint azt a 2. és 3. eset mutatja.

4. ha  $a = 50$  ;  $b = 48$  ;  $c = 49$  ;  $d = 51$  ; akkor :

$$i = 1 - \frac{50 \cdot 49}{48 \cdot 51} = 1 - \frac{2450}{2448} = - \frac{1}{1224} ;$$

ami már egy igen nagy áttevés.

4. példa (29. ábra).



29. ábra.

Egy hengerfúrókészüléknél a fúrórúd bolygókkal való forgatása végezze el egyszersmind az előtolást is.

A fogszámok :  $a = 50$  ;  $b = 20$  ;  $c = 21$  ;  $d = 49$ .

A csavarmenet emelkedése  $r_1 = 14$  mm.

Ekkor a  $K$  forgattyúkar 1 fordulatánál az előtolást megkapjuk :

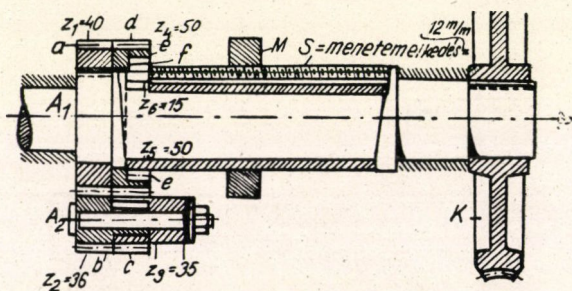
	$a$	$d$ (orsó)	híd
Összerögzítve .....	+1	+1	+1
$a$ rögzítve.....	-1	$-\frac{59 \cdot 21}{20 \cdot 49}$	0
Eredmény.....	0	$-\frac{1}{14}$	+1

A  $d$  kerék a fúrórúddal ellentétesen forog és ezt a forgást az  $r$  csavar vele együtt kénytelen végezni. Mivel emelkedése 14 mm, így a fúrófej  $\frac{1}{14} \cdot 14 = 1$  mm előtolást kap 1 fordulatnál.

Lehet bal-, vagy jobbmenetű csavart alkalmazni, — megfelelően a szerszám jobbra vagy balra fog eltolódni.

5. példa (30. ábra).

Egy más elrendezésű fúrőkészüléket mutat a 30. ábra. Itt a fúrórúd a  $K$  hajtó csigakerék mozgatja. A fúrórúd másik végén az  $a$  kerék ül felékelve A rögzített  $A_2$  tengely körül keringő  $b$  és  $c$  testvérbolygókkal az  $a$  kerék meg-



30. ábra.

hajtja a  $d$  kereket, melyben egy belső fogazás van kiképezve és ez a kicsiny  $f$  bolygóval kapcsol. Az  $f$  bolygó hajtja meg az  $a$  csavarorsókat, melyek az  $M$  fúrófejet előtolják.

Fogszámok :  $a = 49$  ;  $b = 36$  ;  $c = 35$  ;  $d = 50$  ;  $e = 50$  ;  $f = 15$ .  $S$  emelkedési magassága = 12 mm.

$$\text{Az } a \text{ egy fordulatánál } d \text{ fordulatszáma} = \frac{a \cdot c}{b \cdot d} = \frac{49 \cdot 35}{36 \cdot 50} = \frac{343}{360}$$



Az  $e$  és  $f$  elrendezése megfelel a 10. ábránk sémájának, mely szerint : a kar (fűrórúd) +1 fordulatanál :

$$1 - \frac{e}{f} = 1 - \frac{50}{15} = -\frac{7}{3} = -2\frac{1}{3}$$

fordulat jut az  $e$ -re, feltéve, hogy  $d$  (illetőleg  $e$ ) rögzítve volna. Azonban  $e$  nincesen rögzítve, hanem a fűrórúddal egyező értelemben forog és annak minden 1 fordulatanál csupán  $\frac{343}{360}$  fordulatot tesz.

Ezek szerint :

$K$	$z_5$	$z_6$
+1	+1	+1
0	$\frac{49.35}{36.50} - 1$	$\frac{50}{15} \left( \frac{29.35}{36.50} - 1 \right)$
+1	$\frac{343}{360}$	$\frac{91}{108}$

Az előtolást egyedül az  $f$  kiskerék létesíti, mely az előtoló csavart forgatja és ez :

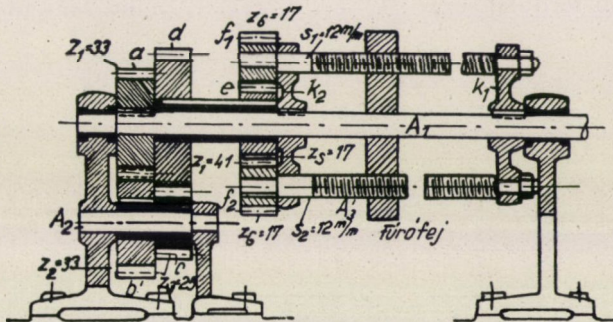
$$\left( \frac{91}{108} - 1 \right) \cdot 12 = -\frac{17}{108} \cdot 12 = -\frac{71}{9} = -1,89 \text{ mm.}$$

Általános képletben kifejezve :

$$\left( 1 - \frac{a \cdot c}{b \cdot d} \right) \cdot \frac{e}{f} \cdot S$$

6. példa (31. ábra).

Ábránkban egy hármás elrendezést látunk :



31. ábra.

A fogszámok :  $a = 33$  ;  $b = 33$  ;  $c = 25$  ;  $d = 41$  ;  $e = 17$  ;  $f = 17$ .

A csavarorsó emelkedési magasság :  $s_1 = s_2 = 12$  mm.

Az eltérés az előbbi 5. példától abban áll, hogy belső fogazás helyett az  $e$  kerék külső fogazású.

Az  $A_1$  tengely 1 fordulatánál a  $d$  kerék :

$$\frac{a \cdot c}{b \cdot d} = \frac{33 \cdot 25}{33 \cdot 41} = \frac{25}{41} \text{ fordulatot tesz.}$$

A  $d$  kerék tehát az  $A_1$  tengely 1 fordulatánál elmarad az  $A_1$  tengelytől :  $1 - \frac{25}{41} = + \frac{15}{41}$  fordulattal. Ennek a törtszámnál megfelelően késik ; így az  $A_1$  és a  $d$  közti relatív elmozgás egyedül mértékadó a további számításnál. — Az  $A_1$  tengely egyidejűleg a ráékelt  $K_1$  és  $K_2$  karokkal körülhajtja az  $S_1$  és  $S_2$  csavarorsókat a rajtuk lévő  $f_1$  és  $f_2$  bolygókkal együtt. Ugyanazon esettel van dolgunk, amelyet már az 8—10. ábra alapján tárgyaltunk, annyiban megjavítva, hogy az  $\frac{a \cdot b}{c \cdot d}$  előtét által az áttételviszonyt sikerült megosztani.

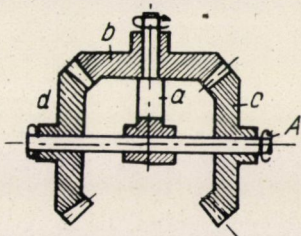
Az  $A_1$  tengely és vele  $K_1$  és  $K_2$  1 fordulatánál (rögzített  $e$ -nél) az  $f_1$  és  $f_2$  bolygók  $1 + \frac{e}{f}$  (illetőleg példánkban :  $1 + \frac{17}{17} = 2$ ) fordulatot nyernének ; azonban az  $e$  kerék nincsen rögzítve, hanem  $+ \frac{25}{41}$  fordulatot tesz, tehát az  $f_1$  és  $f_2$  abszolút fordulatszáma  $2 - \frac{25}{41}$  ;

Az előtolásra hatással csupán a csavarorsók körüli fordulat van, vagyis : eggyel kevesebb fordulat, azaz :  $1 - \frac{25}{41} = \frac{16}{41}$  , (mint fentebb már láttuk).

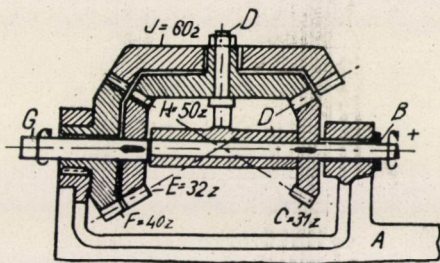
$e$	$f$	$K_2$
+1	+1	+1
$\frac{25}{41} - 1$	$-\left(\frac{25}{41} - 1\right)$	0
$\frac{25}{41}$	$2 - \frac{25}{41} = 1 \frac{16}{41}$	1

## Kúpkeres bolygóművek (32. ábra)

Ábránkban három egyenlő kúpkerék kapcsolódik. A  $c$  és  $d$  lazán ül az  $A$  tengelyen; a harmadik  $b$  pedig szintén lazán ül az  $a$  hídkar csapján. Az  $a$  hídkar szabadon elforoghat az  $A$  tengely körül. — Laterálisan egyik keréknek sincsen elmozdulása.



32. ábra.



33. ábra.

Az ilyen szerkezeteknek több előnyös tulajdonsága van.

Ha  $a$  rögzített és  $c$ -t egyszer körülforgatjuk, akkor  $d$  egyszer ellenkező értelemben tesz egy fordulatot, vagyis a három kerék úgy működik, mint egy egyszerű kerékáttevés a  $c$  és a  $d$  között, egy közbeiktatott  $b$  közvetítőkerékkel, mely csak a forgásértelmet változtatja.

Ha  $c$ -t rögzítjük és az  $a$  híd (együtt a  $b$  kerékkel) egy fordulatot tesz az  $A$  tengely körül, akkor a  $d$  két fordulatot tesz azonos értelemben, mint  $a$  híd. —

Táblázatosan az egyes elmozgások:

	$a$	$c$	$d$
Minden összerögzítve ...	+1	+1	+1
Az $a$ rögzítve .....	0	-1	+1
Eredmény .....	+1	0	+2

Ha  $c$ -t forgatjuk, miközben  $d$  van rögzítve, akkor következésképpen az  $a$  hídfél oly gyorsan fog keringeni az  $A$  körül mint a  $c$ .

Ha úgy az  $a$  híd, mint valamennyi kerék szabadon foroghat és  $c$ -t egyszer körülforgatjuk  $A$  körül, akkor a  $d$  kerék — 1 fordulatot tesz  $A$  körül, az  $a$  híd pedig állva marad és a közvetítő  $b$  kerék az  $a$  csapja körül forog eközben.

Ha  $c$ -t gyorsabban forgatjuk, mint ahogy  $d$  forog (melyet például valami ellenállás fékez), akkor az  $a$  híd a rajta ülő  $b$  közvetítőkerékkel a  $c$  után fog megindulni forgásnak, de tőle mindig egy fél elforgásszöggel elmarad.

Ha  $c$  forog lassabban, mint  $d$ , akkor az  $a$  híd ellenkező értelemben forog.  
Példa (32. ábra).

A  $d$  kerék  $+1$ -et, az  $a$  híd  $-2$  fordulatot tesz; mennyit fordul a  $c$  és milyen értelemben?

	$a$	$c$	$d$	Megjegyzés
Minden rögzítve .....	$-2$	$-2$	$-2$	$a = -2$ (adott)
Az $a$ híd rögzítve .....	$0$	$-3$	$+3$	
Eredmény.....	$-2$	$-5$	$+1$	$d = +1$ (adott)

A  $c$  kerék tehát  $-5$  fordulatot tesz.

Szolgáljon például még a 33. ábrában látható ötkerék láncolat. A kerekek az  $A$  házban futnak, melybe bal- és jobboldalt a  $G$  és  $B$  tengelyek vannak ágyazva, egymásba torkolóan, de az  $E$  kerék helyénél széjjelválva. A meghajtás  $C$ -ből indul ki pozitív értelemben;  $C$  ékelve van a  $B$  tengelyre, melyen a  $D$  híd lazán foroghat; a  $D$  híd csapján az egymással összerögzített  $H$  és  $J$  testvér kúpkerekek foroghatnak. Az  $E$  és  $F$  kúpkerekek nincsenek összerögzítve; az  $F$  a házhoz van ékelve, mint meghajtandó kerék.

Ha  $C$ -t forgatjuk, akkor a mozgást a  $H$  és  $J$  pár veszi át és mivel  $F$  áll, a  $D$  hídnak a rajta ülő  $H$  és  $J$ -vel a  $B$  tengely körül kell forgásnak indulnia és ezáltal meghajtani az  $E$  kereket.

A fogszámok:  $C = 31$ ;  $E = 32$ ;  $F = 40$ ;  $H = 50$ ;  $J = 60$ .

A feladat megoldása:

Először is mindent összerögzítünk és az egész együttest a  $B$  és  $G$  középvonala körül  $+1$ -szer körülforgatjuk. — Eközben  $F$ ,  $E$ , és  $C$ ,  $+1$  fordulatot tesznek tengelyük körül,  $H$  és  $J$  azonban nem forognak saját tengelyük körül. Eszerint:

1. 

$C$	$H$	$J$	$E$	$F$	
$+1$	$0$	$0$	$+1$	$+1$	volna.

Mivel  $F$  tényleg áll, azt  $-1$ -szer vissza kell forgatnunk a rögzítés feloldása után, hogy a való állapotot kapjuk. Ha  $F$  egy fordulatot tesz, akkor  $J$

(és vele együtt  $H$ )  $+\frac{40}{60} = +\frac{2}{3}$  fordulatot tesz.

Mivel  $H$  hajtja  $C$  és  $E$ -t, ( $C$ -t  $+$ ;  $E$ -t  $-$  értelemben), — így  $C$  fordulatszámja:

$$\frac{50}{31} \cdot \frac{2}{3} = +1 \frac{7}{93}; \text{ és } E \text{ fordulatszámja:}$$

$$-\frac{50}{32} \cdot \frac{2}{3} = -1 \frac{1}{24} \text{ lesz. Táblázatosan:}$$

2.

<i>C</i>	<i>H</i>	<i>J</i>	<i>E</i>	<i>F</i>
$+1 \frac{7}{93}$	$+\frac{2}{3}$	$+\frac{2}{3}$	$-1 \frac{1}{24}$	$-1$

Összesítve 1. és 2.-t :

	<i>C</i>	<i>H</i>	<i>J</i>	<i>E</i>	<i>F</i>
Összerögzítve .....	+1	0	0	+1	+1
Fellazítva és <i>F</i> visszaforgatva.....	$+1 \frac{7}{93}$	$+\frac{2}{3}$	$+\frac{2}{3}$	$-1 \frac{1}{24}$	-1
Eredmény.....	$+2 \frac{7}{93}$	$+\frac{2}{3}$	$+\frac{2}{3}$	$-\frac{1}{24}$	0

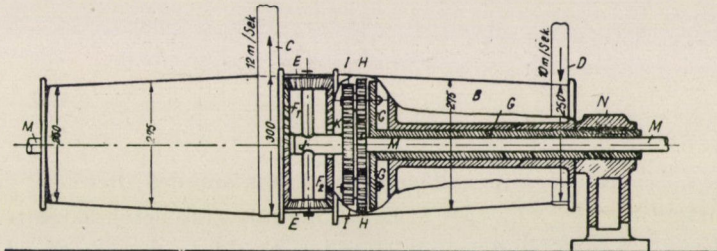
Ezzel valamennyi alkatrész mozgása tisztázva van: *C* végez  $+2 \frac{7}{93}$ , és *E* végez

$-\frac{1}{24}$  fordulatot. A két kerék áttevése tehát :

$$-\frac{1}{24} = -\frac{31}{1544} = -\frac{1}{49} \frac{25}{41} = \frac{E}{C}, \text{ vagyis :}$$

$$\frac{C}{E} = 49 \frac{25}{41}, \text{ és a forgásértelem ellentétes.}$$

A 34. ábra példájában az *A* és *B* kúpos szíjdobokat a *C* és *D* szíjak ellentétes értelemben hajtják. A *C* szíj 12 m/sec, a *D* szíj 10/sec sebességgel fut. Ábránkban *C* a dob maximális átmérőjén (= 300 mm) foglal helyet, míg a *D* másik dobon



34. ábra.

a minimális átmérőnél (= 250 mm) fut. A szíjakat laterálisan együtt lehet áttolni más helyzetbe, — egymástól való távolságuk állandó marad. Mindkét

dob, a nagytérő oldalán, egy-egy nagy kúpkerékkel visel ( $F_1$  és  $F_2$ ), melyek a két kicsiny ( $E$  és  $E$ ) kúpkerékkel kapcsolnak. Ezek a  $J$  forgóhüvely csapjain ülnek és az  $M$  tengely körül szabadon keringhetnek. A  $J$  forgóhüvellyel egy darabból van a  $K$  homlokkerék, mely a két ( $I$  és  $I$ ) kis homlokkerékkel kapcsol. Az  $I$  és  $I$  kerekkel szilárdan összekapcsolt  $H$  és  $H$  kerek egy-egy a  $G$  tárcsába befogott csapon forognak. Ennek a  $G$  tárcsának egy hosszú hüvelyoldaléka van, mely az  $N$  állványhoz van ékelve és így nem mozoghat, hanem a  $B$  kúpos szíjdob forgástengelyéül szolgál.

Az  $M$  tengelyt csak egyedül a rája ékelt  $L$  homlokkerék útján hajtja meg a két  $H$ — $H$  kerék.

Fogszámok :  $H = 40$  ;  $I = 16$  ;  $K = 48$  ;  $L = 24$ .

Az  $F$   $F$  és  $E$   $E$  kerek fogszámai közömbösek.

Mennyit fordul percenként az  $M$  tengely, ha :

1. a  $C$  és  $D$  szíjak az ábrákban rajzolt helyen vannak és az adott sebességekkel futnak a dobokon ?

2. ha a szíjak a dobok középhelyén futnak ?

3. ha a szíjak az ellenkező dobvégeken futnak ?

(Számításainknál szíjcsúszást kizártnak vesszünk.)

A dobok percenkénti fordulatszáma az adott kerületi sebességekből. és dobátmérőkből : a) az  $A$  dobon :

$$n_A = \frac{12 \cdot 60 \cdot 1000}{\pi \cdot 300} \approx + 764 \text{ kereken; nyitott szíjhajtásnál + értelemben}$$

b) a  $B$  dobon :

$$n_B = \frac{10 \cdot 60 \cdot 1000}{\pi \cdot 250} = - 764 ; \text{ keresztezett szíjnal — értelemben.}$$

Ily módon számítva a háromféle szíjeltolásnál :

Szíjak állása			
	jobb	közép	bal
A dob. $n_A = \dots$	+ 764	+ 834	+ 917
B dob. $n_B = \dots$	— 764	— 695	— 637

Ennél a háromféle szíjpárállásnál (a dobok mindig ellenkező értelemben forognak) vizsgáljuk meg a hajtást átvivő  $L$  kerékre való befolyásukat. A mozgás  $F_1$ -től az  $E$ — $J$ — $K$ — $I$ — $H$  úton és másfelől  $F_2$ -től az  $E$ — $J$ — $K$ — $I$ — $H$  úton halad az  $L$ -hez, miszerint csak a kúpkerék bolygómű mozgása, vagyis a  $J$  hídhüvely és  $E$  kerek mozgása mértékadó.

Már a 32. ábrából megismertük, hogy rögzített hídnál a két oldal kúpkerék ellentett értelemben egyenlő sebességgel forog, ha nincsen ellenállás és ha az

egyik oldalkúpkeréket megfogjuk, akkor a másik kétszer olyan gyorsan fog forogni, mint a keringő híd. Tájékozást nyertünk ott a sebességek különféleségeiről is.

Jelen esetünkben (34. ábra) a berajzolt jobboldalra tolt szíjhelyzetben fentebbi táblázat szerint az  $A$  dob  $+764$ -et és a  $B$  dob  $-764$ -et fordul, tehát a  $J$  híd áll.

Ha a szíjakat a középhelyzetbe toljuk át, akkor :

$$\begin{aligned} A \text{ fordulata} &= +834 \\ B \quad \ll \quad &= -695 \quad ; \text{következőképp} : \\ J \quad \ll \quad &= \frac{834 - 695}{2} = +69,5. \end{aligned}$$

Ha a szíjakat a bal szélső helyzetbe hozzuk :

$$\begin{aligned} A \text{ fordulata} &= +917 \\ B \quad \ll \quad &= -637 \\ J \quad \ll \quad &= \frac{917 - 637}{2} = +140. \end{aligned}$$

A hídhüvely keringésének az  $M$  tengelyre való behatása következtében az áttevés :

$$\frac{K \cdot H}{I \cdot L} = \frac{48 \cdot 40}{16 \cdot 24} = 5 ; \text{következőképp} :$$

1.  $5 \cdot 0 = 0$ .
2.  $5 + 69,5 = +347,5$ .
3.  $5 + 140 = +700$  ;

táblázatosan tehát :

	$A$	$B$	$J$
Minden összerögzítve $A$ -val forog .....	$+n_A$	$+n_A$	$+n_A$
$A$ rögzített. $B$ forgása $= -n_A - n_B$ ...	0	$-n_A - n_B$	$\frac{-n_A - n_B}{2}$
Eredmény .....	$+n_A$	$-n_B$	$\frac{+n_A - n_B}{2}$

Vagyis  $M$  mindig ötször gyorsabban forog  $J$ -nél, tehát fordulatszám :

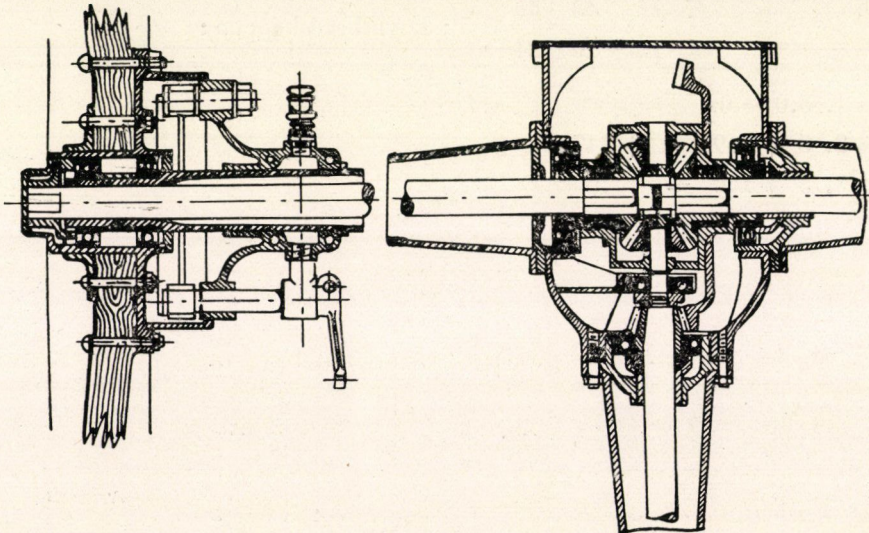
$$= 5 \cdot \frac{n_A - n_B}{2}$$

## Számításaink számeredményei

$n_A$ .....	+764	+834	+917
$n_B$ .....	-764	-695	+639
$n_A - n_B$ .....	0	+139	+280
$n_J$ .....	0	+69,5	+140
$n_M = 5 \cdot n_J$	0	+347,5	+700

Kúpkerék bolygóművet (úgynevezett differenciálművet) használnak a gépkocsik, mely útkanyarodókban a kocsi futókerekeinek sebességkülönbségét, csúszásokat van hivatva kiegyenlíteni. Ha az egyik kerék áll, akkor ez lesz a differenciálmű rögzített pontja, és a másik kocsi kerék kap egyedül meghajtást (35. ábra).

Hangosfilmeknél a kép és hang szinkronizálásának létesítéséhez, — fonógépeknél növekedő sodratszám előállítására, csigamarós fogazógépeknél a szerszámnak működés helyére való előretolásánál, — vízturbina szabályozók-nál, (36. ábra) repülőgépeknél stb. különféle ilyen differenciálművet alkalmaz-

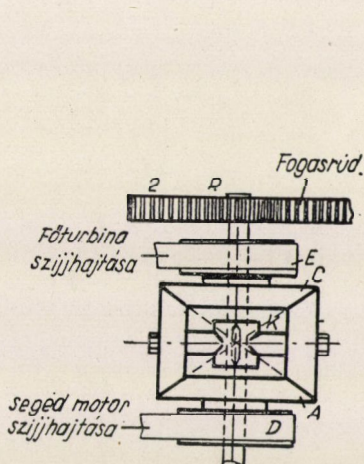


35. ábra.

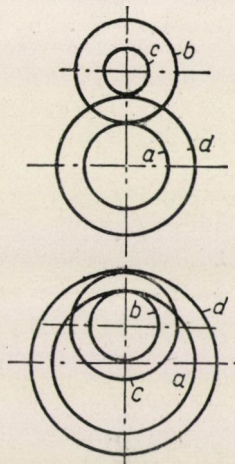
nak. Egy bolygó mű fogaskerekei nagy sebességgel kapcsolnak és gyakran igen nagy terhelést hordanak, úgy, hogy megtervezésük és kivitelük különös tanulmányt kíván a tervezőtől. Láttuk, hogy már egyedül a mozgásviszonyok számítása is



elég bonyolult, de ennél sokkal bonyolultabb követelmények elé állítanak a fogak igénybevételeinek és megfelelő alakításának kérdései és a maradó olajfilm biztosítása a profilok között, továbbá a gyártási pontatlanságok ellensúlyozására alkalmas elasztikus kiegyenlítő szerkesztésmódok, mely kérdésekkel később



36. ábra.



37. ábra.

fogunk sorra foglalkozni. A szerkesztésnél a legelső (kezdő) szabály, hogy a keréksugarak összege vagy különbsége egyenlő tartozik lenni (37. ábra). Ha az osztósugarakat  $a, b, c, d$  stb-vel jelöljük, akkor :

$$a + b = c + d ; \text{ illetve : } a - b = c - d .$$

A fogszám  $e$  mellett természetesen csak egész szám lehet. Sokszor nem lehet teljes pontossággal betartani a képletek számeredményeit, azonban az előállítás műhelyi módszerei a kellő pontosság megközelítését rendszerint lehetővé teszik. Például (37. ábra) :

$$\text{Fogszámok : } a = 50 ; b = 30 ; c = 32 ; d = 56 .$$

$$i = 1 - \frac{50 \cdot 32}{30 \cdot 56} = + \frac{1}{24} .$$

Ha, — mint rendszeren feltehető —, az  $M_w$  szerszámmodulus mindenütt egyenlő,  $(50 + 30) \cdot M_w = (32 + 56) \cdot M_w$ ; vagyis  $80 \cdot M_w (=) 88 \cdot M_w$  lehetetlen egyenletet kapunk. Azonos modulusná a 32 és 56-os pontos, a többi erősen pontatlan lenne és zajongana. A műhelyben igen jól segíthetünk magunkon, ha a modulusokat különbözőre vesszük a két párosításnál, miáltal :

$$80 \cdot M'_w = 88 \cdot M''_w \text{ lesz és :}$$

$$\frac{M'_w}{M''_w} = \frac{88}{80} = \frac{11}{10}$$

adódik. Ezek azonban túl nagy modulusok a bolygóműkerek számára, ahol

csak a három modulus körül lehet választani. E helyen a szabványos szerszám-sorozat tagjai: 2 — 2,25 — 2,5 — 2,75 — 3 — 3,5 . . . és ezek nem elég sűrűek, hogy a 11-et eléggé megközelítsük. Azonban teljesen pontosan megfelel, ha

$$1. \quad \frac{1}{2} \cdot 80 \cdot \frac{25,4}{10} = 101,6 \text{ mm}$$

$$2. \quad \frac{1}{2} \cdot 88 \cdot \frac{25,4}{11} = 101,6 \text{ mm.}$$

E példánál gyakoribb azonban az oly eset, mikor a  $b$  és  $c$  egyenlő fogszámok (v. ö. a 28. ábra, 3. példával). Lássunk erre is egy példát:

Fogszámok:  $a = 59$ ;  $b = 20$ ;  $c = 20$ ;  $d = 60$ .

Ha (eltérően a rendes szokástól) az egyenlő fogszámú  $b$  és  $c$  kerekeket nem együtt állítjuk elő, hanem külön-külön: az egyiket  $M'_w = 10 \text{ pitch} = 2,54 \text{ mm}$  (angol szerszám); a másikat  $M''_w = 2,5 \text{ mm}$  (rendes szerszám), tehát különböző szerszámmal állítjuk elő, akkor a tengelytávok:

$$1. \quad \frac{59 + 20}{2} \cdot 2,54 = 100,33 \text{ mm.}$$

$$2. \quad \frac{60 + 20}{2} \cdot 2,5 = 100 \text{ mm.}$$

Hiba mindenesetre marad, de ha mind a négy kereket például 2,5 modulal vágnánk, akkor a hiba:  $\frac{59 + 20}{2} \cdot 2,5 = 98,75$ , vagyis mintegy négyszer olyan nagy lenne.

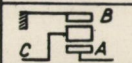
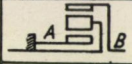
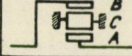
Egyébként más korrigálásmódok is állanak rendelkezésre, melyekkel teljesen helyes kapcsolások érhetők el anélkül, hogy különleges szerszámokra lenne szükség. Bár ugyan elméletileg lehetetlen, hogy egy fogazás, mely két másik fogazással kapcsol, mindegyikkel más futó osztókörön működjék, mert tört fogszámokat kellene feltételeznünk ehhez, ami lehetetlenségnek látszik, valójában ez azonban tökéletesen közömbös és minden további nélkül lehetséges. Minderre később még rá fogunk térni.

Meg kell gondolnunk, hogy bolygóművekben a testvérkerekek közel egyenlő átmérőjűek és a velük kapcsoló kerekek is közel egyenlők egymásközt, továbbá, hogy az áttevéseknél a terhelőnyomatékból adódó fognyomások is körülbelül egyenlők az egész bolygómű összes kerékkapcsolásainál. Ebből következik, hogy minden fogazást a maximális terhelésre kell méretezni, mely körülményt a tervezőnek mindenkor szem előtt kell tartania.

## Egyszerű bolygóművek

Az egyszerű bolygóműveknek két eredő fordulatszámra lehetséges: egyik esetben a nap áll, — a másikban a kosár áll.

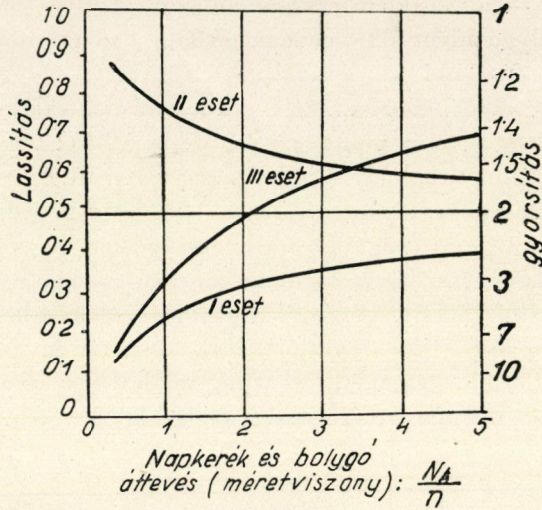
Egyszerű bolygóművet alkalmaznak például a mai automatikus gépkocsi-sebességváltóknál. Régebbi 7. ábránknban feltüntetett bolygóműnél például, ha a nap rögzített, akkor 0,5625 : 1 áttevésű lassításnál a teljesítményt a kosár viszi át. Ha ellenben a kosár van rögzítve, akkor 1,286 : 1 gyorsító áttevéssel a nap lesz a meghajtott tag, mely a teljesítményt átveszi. Ilyen áttevés-értelem-változtatásra repülőgépeknél van szükség a terhelés fokozódásánál. Nagyobb repülőmagasságban ugyanis nagyobb fordulatszám kell, hogy elegendő levegőt hozhasson áramlásba. Az ilyen fordulatszámváltozásnál a hirtelen tömeggyorsítás (vagy lassítás) elkerülésére egy átmenetes surlódási kapcsoló szolgál. — Lehetséges más áttevést is létesíteni, ha a reakciós tagot egy külön, külső meghajtással bizonyos fordulatszámra forgatjuk, miáltal egy kívánt eredősebesség áll elő, de ez a módszer már kívül esik tárgyalásaink keretén.

Esetek:	Működés	Hajtó tag	Meghajtott tag	Álló tag	Meghajtás Forgásértelme	Áttevés négyzete
 I	Lassítás Gyorsítás	A C	C A	B B	mint a hajtó	$\frac{N_A}{N_A + N_B}$ $\frac{N_A + N_B}{N_A}$
 II	Lassítás Gyorsítás	B C	C B	A A	mint a hajtó	$\frac{N_A}{N_A + N_B}$ $\frac{N_A + N_B}{N_A}$
 III	Lassítás Gyorsítás	A B	B A	C C	ellentétes hajtóval	$\frac{N_A}{N_B}$ $\frac{N_A}{N_A}$

Egyszerű bolygóművet rendszerint nagy terhelésnél héttől nyolcszoros körüli áttevésre szoktak tervezni. Az ilyen bolygóműnek három alkotóeleme: a nap, a kosár a (bolygóval), és a belső fogazású körülfogó gyűrű. A különféle működtetési módokat az I. Táblázatban láthatjuk sematikus összeállításban. Az I. működtetési módot rendszerint lassító áttevésre használják; kivételesen lehet ugyan azt időlegesen gyorsításra is felhasználni. Lassításra gyakorlati okoknál fogva 0,4 körüli áttevés szokásos, vagyis az eredeti fordulatszámot csökkentjük le mintegy 40%-ára. Ha gyorsításra alkalmazzuk, úgy mintegy hét lesz az áttevés. Nagyobb áttevés lassításnál eszközölhető ugyan a III. működtetési móddal, de ekkor az eredő forgásértelme ellenkező lesz a hajtó forgásértelmelemmel. — A II. működtetési mód csak kis áttevésekre való.

Az áttevések összefüggését 38. ábránk diagrammvonalai mutatják. Ha hét vagy nyolc áttevésnél nagyobbra van szükség, úgy két egyszerű bolygóművet lehet szeriesbe kapcsolni, vagy pedig egy kompaund bolygóművet is lehet szerkeszteni. A gyakorlatban egyszerű bolygóművet rendszerint háromtól négy körüli áttevésre szokás használni. Annak magyarázata, hogy nagyobb áttevéseknél

miért van bonyolultabb megoldásra szükség az, hogy nagy áttevésnél vagy a bolygó, vagy a nap mérete annyira csökkennék az egész bolygómű méretéhez



38. ábra.

viszonyítva, hogy a fogazás igénybevétele már túlnőne a megengedhető határon, de azonfelül a megmunkálása és ellenőrzése is mind nehezebbé válnék, — más szóval a megterhelhetőség csökken és ezért a viszonyok javítására ez meddő útirány.

Kompaund bolygóműveknél is határt szabnak a terhelhetőségnek a növekvő csapágyterhelés és a szaporodó gyártáshibák. Az áttevést illetően a kompaund bolygóműnél úgyszólván nincsen korlátozás. Ritkább alkalmazhatóságát a korlátolt terhelhetőség okozza.

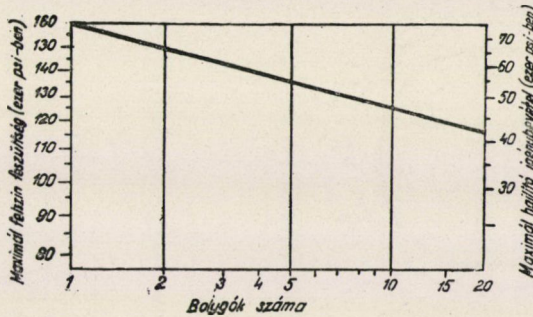
A következőkben tárgyalandó, a fogazás korrigálására vonatkozó megfontolások érvényesek kompaund bolygóművekre is.

#### Gyártáshibák okozta korlátolások

A bolygómű alapvető előnye csak akkor valósítható meg, ha a terhelés megoszlása az egyes bolygókra tényleg egyenletessé tehető. Mennél nagyobb a bolygók száma, annál nehezebb ezt biztosítani, mert a gyártáshibák összegeződhetnek. Mindegyik bolygónál lesz valami hiba, ha az korlátolt értékű is, de az összegeződés már számottevővé teheti azt. Ilyen hibák:

1. a bolygócsapok osztáshibája;
2. fogtól-fogig osztáshiba;
3. profilhiba;
4. tengelyek parallelitás hibája;
5. fogjátékköz és fejlábköz hiba.

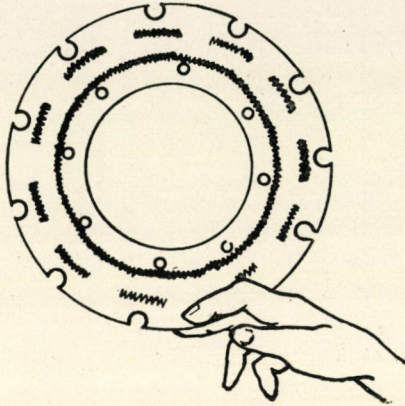
E hibáknak megfelelően a megengedhető igénybevételeket a szokásos értékhez képest csökkenteni kell a bolygók száma arányában, mint azt 39. ábránk (1 psi = 0,062 kg/cm<sup>2</sup>) feltünteti. (A hibák kiértékelésére részletes módszert ad R. P. Loveland, Machine Design. 1949. IV. értekezése, továbbá: J. E. Rice, — Product Engineering, — 1950. IX. közlései a Wright Aeronautical Corp.-tól.) A ter-



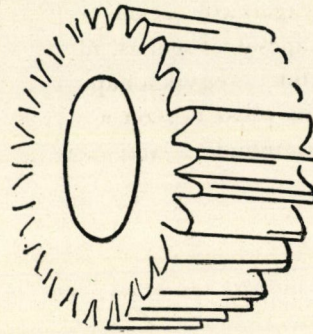
39. ábra.

helés egyenletes megosztásának problémáját régóta próbálják megoldani. Főképpen a gyártáshibák leszorításával, de más módokkal is értek el már számottevő eredményt: ilyen például a napkeréknek laterálisan lebegő szerkesztése; ugyanis a bolygók egyenlőtlen terhelésénél különböző radiális erőkomponensek is adódnak, melyek együttes eredőhatása hozza létre a tényleges futóosztókört és ha a nap (mint a régebbi 7. ábránkból kivehető) egy csekély mértékben laterálisan beállhat, úgy ez némileg kiegyenlíti a gyártáshibák együttes hatását és elháríthatja az egyes bolygókra összpontosuló túlságos többterhelést. A nap elmozdulhatósága természetesen csak igen korlátolt lehet, hogy mégis képes legyen a meghajtónyomaték ellenében a kellő reakció kifejtésére. Egy másik tervezési mód a gyűrűt köti rúgókkal a keréktesthez (40. ábra), a kerületen elosztva, melyek azután a torziólkésüket is csillapíthatják. Ismét más megoldásnál a gyűrűt vékony diafragmaszerű rúgalmas lemezzel kötve a kerékagyhoz, kismértékű laterális elmozdulhatóságot létesítenek. Mind e megoldások mellett mégis a legfontosabb, hogy a fogzáshibákat a kellő minimumra szorítsuk le és mindenestre a legfontosabb a fogjátékközök egyenlőtlenségének kiküszöbölése, mert ezek a terhelésmegosztás egyenlőségének megrontói. Az a bolygó, melynél a fogjátékköz a legkisebb, a többinél mindig erősebben lesz megterhelve, ha a fogjátékköz  $\pm 0,025$  mm-nél nagyobb. A bolygócsapoknak a kosárban való kilengési lehetőségét szintén  $\pm 0,025$  mm-en alul kell tartani, — a bolygók összkilengése pedig 0,062 mm-nél több ne legyen. A kapcsolási hiba, az osztókörön mérve, maximum 0,025 mm-nyi értéke összeadódik a 0,01 mm-nyi profilhibamaximummal, az osztáshiba 0,0075 mm-nyi maximumával és az egyéb hibákkal.

Hogy helyi felszínfeszültségkoncentráció ne keletkezzék, mindezeket a tőrészeket be kell tartani. A felsorolt adatok a rendes, lassító hajtásra vonatkoznak ; igen nagy terhelésű, főképpen a gázturbinához való bolygóműnél az eset a nagy sebesség miatt még kényesebb (15 000-től 20 000 ford. per percnél) és így valamivel még szorosabb tőrészek betartása ajánlatos.



40. ábra.



41. ábra.

### Nagy kapcsolószámú fogazás

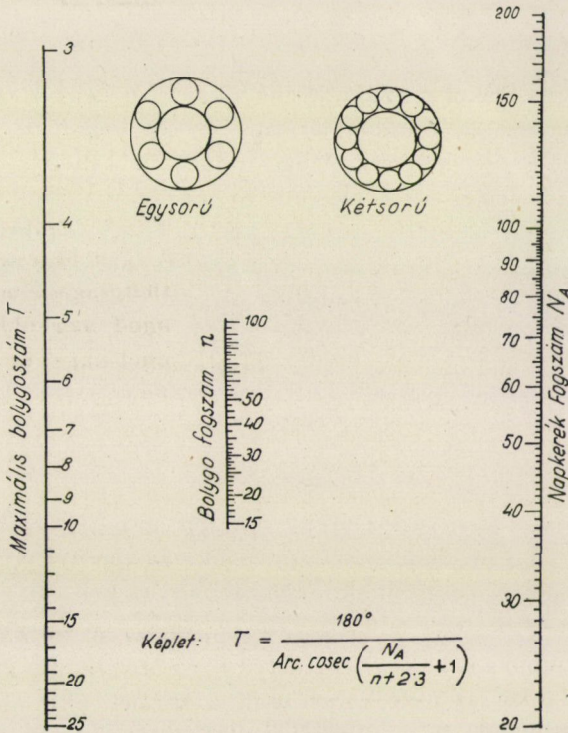
Mennél nagyobb egy fogazásnál a kapcsolószám, annál több fog osztozik a teherviselésben és annál jobban csökken az egy fogra jutó fognyomás maximális értéke. Rendes fogazásoknál a kapcsolószám 1,5 körüli érték. Már nagy kapcsolószámnak számít, ha elérjük a 2 értéket. Több, mint 2,5 nem is igen lehetséges, mert a fogak kihegyeződnek, de azonfelül a fog előállíthatósága is mind nehezebb, a szilárdsága is mind rosszabb és a foggyökénél mind nagyobb görbültségű felszínnek kerülven kapcsolatba, a felszínfeszültség mind nagyobbá lesz. — Ha 2,5-en felüli kapcsolószámot akarunk, úgy azt ferdefogazással lehetne elérni, de akkor axiális erő is lép fel, melynek felvételére szolgáló szerkezet a hajtómű súlyát csak megnövelné, tehát nem vezetne célhoz.

A nagy sebességeknél használatos fogalakítást nagy kapcsolószámhoz 41. ábránk mutatja ; a fogak vékonyak, hegyesek és hosszúak, a modulusuk csupán 1,8 és mégis 360 kg kerületi erőt birnak átvinni 50 m/sec kapcsolósebességnél.

Igen bő tapasztalatok és kísérletek igazolták az ilyen nagyfokú megterhelhetőséget. Ha mindig két fog hord (illetve két és három fog között ingadozik a teherviselés), akkor az osztókörnél csak a kerületi erő mintegy 70%-a jut egy fogra, vagyis a rendszeren megengedhető HERTZ-feszültségérték mintegy 40%-kal emelhető.

*A bolygók elhelyezése*

A fogs számoknak egy bizonyos áttevés eléréséhez való megállapítása után következik a bolygók elhelyezésének kérdése a két koncentrikus (nap és gyűrű) fogazás közé. Hogy egy adott  $i$  számú bolygó egyenletesen eloszolva helyezkedhessen el az egyszerű bolygóműben, kell, hogy:  $z_n + \frac{z_{gy}}{i} = \text{egészszám}$  legyen. ( $z_n =$  a nap fogs száma;  $z_{gy} =$  a gyűrű fogs száma). Ha ez nem állana fenn, akkor vagy a nap, vagy a gyűrű fogs számán valamelyest változtatni kell (lehet esetleg mindkettőn is), míg az meg nem felel, ami rendszerint az össz-áttévésen csak elhanyagolható csekélyt változtat, azonban megváltoztatja a futóosztó-kört és a kapcsolószöveget is, minek következtében a bolygófogazás kétféle futóosztókörön fut, — egyik a napnál, másik a gyűrűnél lép fel, minek következtében a napfogs szám plusz kétszer a bolygófogszám tulajdonképpen nem egyenlő többé a gyűrűfogszámmal, — ami azonban a kapcsolást (meglepő módon) egyáltalában nem befolyásolja, de megemlítjük pusztán elméleti érdekessége miatt. — Vannak esetek, mikor az áttévés-változás, melyet a bolygók elhelyezhetősége okoz, mégis túl nagy; ilyenkor a moduluson változtathatunk. — Annak megállapítására, hogy hány bolygó fér el egy egyszerű bolygóműben, 42. ábránk nomogramma



42. ábra.

ad felvilágosítást a nap és a bolygó fogszáma szerint. Túl nagy bolygószámánál a bolygók egymásba ütköznenek. Ha a bolygók száma megvan, következik a kerékszélesség számítása, mely szükséges az átviendő terheléshez. Amennyiben túlnagy kerékszélesség adódnék, azt azzal kerülhetjük el, hogy két sor bolygót alkalmazunk, melyek egymáshoz képest elforgatott sorozatban működnek. Nomogrammunk az egy sorozatban helyetfoglaló maximális bolygószámot adja meg. Egy eltolt kompaund bolygómű elrendezésénél kell, hogy :

$$\frac{z_{gy} \cdot z_{b'} - z_n \cdot z_{b''}}{i \cdot \gamma} = \text{egész szám legyen.}$$

$z_{gy}$  = gyűrűfogszám,

$z_n$  = napfogszám,

$\left. \begin{matrix} z_{b'} \\ z_{b''} \end{matrix} \right\} = \text{kapcsolódó bolygófogszámok (rendszerint } z_{b'} = z_{b''})$

$i$  = a bolygók száma,

$\gamma$  =  $z_{b'}$  és  $z_{b''}$  legnagyobb közös többsége.

A fenti kifejezés azon esetre vonatkozik, ha  $z_{gy}$  és  $z_n$  forgásértelme megegyezik és a kosár áll. Ha  $z_{gy}$  és  $z_n$  forgásértelme ellenkező, akkor a mínusz jel pluszra változtatandó, álló kosár esetén.

#### A terhelés

Bonyolultabbá alakul a számítás, ha dugattyús gépről van szó, mert az ilyennél a hajtónyomaték minden löketnél erősen ingadozik. Bármilyen gondot fordítanak is arra, hogy a hengereket úgy rendezzék el, hogy lehetőleg egyenletes nyomaték létesüljön, mégis csak számottevő ingadozás marad. Jelen tárgyalásainknál alapul mindig az átlagos értéket vettük fel. A fogakra jutó tényleges terhelés megállapítása igen körülményes. Ahelyett, hogy az ingadozások értékelésére egy üzemi tényezőt vezessünk be, inkább meg fog felelni, ha számos kísérlet és tapasztalat eredményei szerint  $\pm 25\%$ -os ingadozásértékekkel számolunk. Ha azonban gyanú merül fel, hogy az ingadozás ennél is nagyobb, akkor fel kell emelnünk az átlagértéket.

#### Anyagok

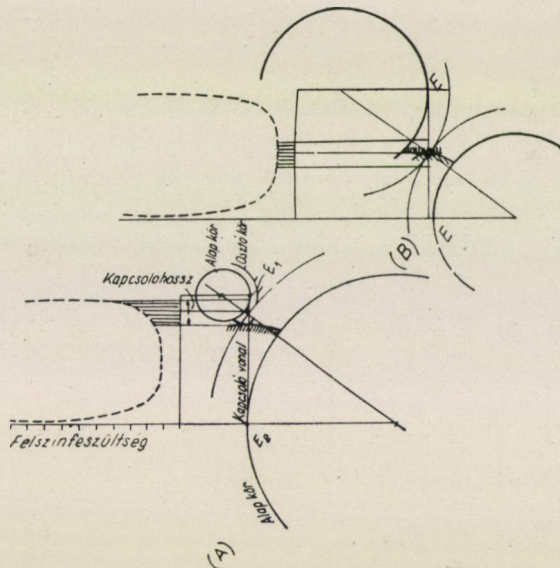
A repülőüzem fogazásaihoz legjobban két anyag felel meg. Többnyire betétedzéssel 60—63  $R_c$ -re keményített, 0,62-től 1,22 mm-nyi mélységig szénített (SAE 9314 jelű) acelat használnak. A másik anyag egy nitro-ötvözet: 0,4% C, — 0,6% Mn, — 1,6% Cr, — 0,35% Mo, — 1,15% Al összetételű és 0,42-től 0,55 mm mélységű (AMS. 6470.) betétedzésű acél, amelyet nagyobb kerekhez választanak, mert nem kell edzeni a megfelelő felszínkeménység előállításához; azonban csak lökésmentes terhelésnél felel meg, mert rideg és a kemény betétreteg könnyen reped. Ilyen anyagnál a fog fejevastagságát nagyobbra kell venni,



mint a betétmélység kétszerese, hogy a fejtől le ne repedjen. Szénített acélnál ilyenfajta veszély nincsen, ha az egész fog szénítve van. A megengedhető HERTZ-feszültség ezen anyagoknál  $11\,000\text{ kg/cm}^3$  körül van, de ha a hajlítói igénybevétel is számottevő, akkor az élettartam szempontjából csak  $5\,000\text{ kg/cm}^3$  körüli értékkel számítsunk. A felsorolt adatok csak akkor érvényesek, ha a fentebb ajánlott tűrések be vannak tartva.

### Felzínfeszültség

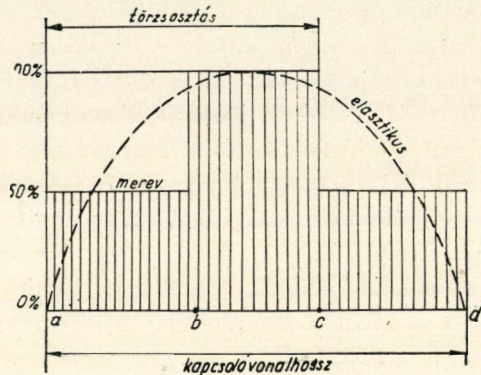
Bolygó és gyűrű között gyakran igen nagy az áttevés és ekkor a felzínfeszültség kritikussá válhat, mert ha a fogérintkezés az evolvens gyökpontja közelébe jut, ahol a görbületi sugár közel  $= 0$ , akkor a HERTZ-feszültség hirtelen felzökik. Egyenlő fejmagasság esetén a HERTZ-feszültség változását a kapcsolóvonal mentén 43/A ábránk láttatja. Szembötlő, hogy a bolygófog lábánál a növekedés milyen hirtelen. Ha a bolygófogak fejmagasságát megnöveljük és az ellenkerék fogazásának fejmagasságát csökkentjük, akkor a kapcsolat egy kedvezőbb görbületű evolvenszónába helyeződik át, ahol a HERTZ-feszültség aránytalanul kisebb. Ha az áttevés közel jár az 1:1-hez, akkor a viszonyok (43/B ábra) sokkal jobbák, azonban a hajlítói igénybevétel lehet igen nagy és ezért kell a HERTZ-feszültséget csökkenteni.



43/A és 43/B ábra.

A 43/A és 43/B ábrák azzal a feltevéssel vannak felrajzolva, hogy a kapcsolószám  $= 1$ , vagyis, hogy a teljes terhelést csak egy fogpár hordja, de éppen ez az, amit el kell kerülni. Számba kell venni tehát, hogy ténylegesen mennyi az egy fogra jutó terhelés a kapcsolat folyamán. Ha a fogak teljesen merevek

volnának, akkor a fognyomás változását a 44. ábránknban sraffozott terület ábrázolhatná, vagyis a teljes terhelés csak a  $b$  és  $c$  pontok között lépne fel. Mivel azonban a fogak rugalmasak, a fognyomás változása módosul. Ha minden érintkezéspontra ismernők a behajlítást, akkor a változás körülbelül a pontozott görbe szerint alakulhatna. A centrális pont körül egy fog behajlításához (ha a másik fogat fixnek képzeljük) nagyobb nyomaték szükséges, mint a kapcsolás bármely más helyén. Mindenesetre a pontozott görbe null helyén is lesz a valószínű némi terhelés a másik fogon is, de a pontozott vonal szerint véve az



44. ábra.

ingadozást, azt gyakorlatilag megfelelőnek mondhatjuk, — ha csak nincsen valami abnormálisan nagy osztáshiba. Gyakorlatilag teljesen kielégítő, ha a HERTZ-feszültséget a centrális pontnál vesszük számításba; ez már kellő felvilágosítással szolgál a gödrösödés veszedelmének megítélésére. A centrális pontra a módosított HERTZ-egyenlet alakja a következő:

$$\sigma_H = 0,418 \cdot \sqrt{p \cdot E \cdot \frac{\varrho_1 + \varrho_2}{\varrho_1 \cdot \varrho_2}} = 836 \cdot \sqrt{\frac{p}{D_1 \cdot \sin a} \cdot \frac{1 + A}{A}} \text{ kg/cm}^2,$$

ahol  $\varrho_1$  és  $\varrho_2$  a profilgörbületi sugarak:  $\varrho_2 = A \cdot \varrho_1 = A \cdot \frac{D_1}{2} \cdot \sin a$  cm,

$D_1$  = a kiskerék futóosztókör átmérője cm,

$a$  = a futókapcsolószög,

$A$  = az áttétel =  $\frac{z_1}{z_2} \geq 1$ ,

$E = 2 \cdot 10^6$  = az elaszticitási modulus kg/cm<sup>2</sup>,

$p$  = a vonalnyomás kg/cm =  $\frac{P}{B} = \frac{\text{átviendő kerületi erő}}{\text{kerékszélesség}}$ ,

$B$  = kerékszélesség cm.

Rendesen a centrális pontra szokás számítani a HERTZ-feszültséget, ha azonban az eset speciálisan eltérő volna, úgy külön kell azt kivizsgálni, hogy létesül-e ennél tetemesen nagyobb érték is. Egyenletünk külső fogazásra szól; belső fogazással való kapcsolás esetén a gyökjel alatti kifejezésben az előjel megváltoztatandó, vagyis  $\frac{1-A}{A}$  írandó. Amennyiben a futó kapcsolószög nem tér el nagyon a generáló szerszámszögtől, — ami rendszerint  $20^\circ$  —, akkor  $\sqrt{\sin \alpha}$  közel  $\geq \frac{1}{2}$ , így egyenletünket :

$\sigma_H = 1180 \cdot \sqrt{\frac{P}{D_1} \cdot \frac{1+A}{A}}$  alakban használhatjuk (belső fogazás esetén mínusz jellel).

Kényelmesebb kezelésre nomogramm is szerkeszthető a HERTZ-feszültség ilyen megállapítására, mely a fogszámok szerint adja meg a megengedhető  $P$  vonalnyomás értékét adott  $D_1$ -hez, vagyis ismert átvindó  $P$  kerületi erőnél a szükséges  $B$  kerékszélességet cm-ben a  $B = \frac{P}{p}$  összefüggésből (46. és 47. ábra).

### Hajlító igénybevétel

A bolygómű aránylag nagy terhelése és sebessége (nagyfrekvenciájú igénybevétele) miatt fáradási törés veszélye is fennforog. A foggyökben a feszültségkoncentrációt lehetőleg csökkenteni kell. Két tényező a mértékadó: 1. az ütköző igénybevétel, mely vagy túlnagy osztáshibából (kapcsolási hibából) eredhet;

2. a túl kicsiny és kedvezőtlen alakú hónaljsugártól, mely a foggyöknek a koszorúhoz való csatlakozásában valahol túlságos koncentrációt hozhat létre, mert ha a fogazást előgyalulják, azután készre gyalulják és még köszörülük is, különféle apró, de hirtelen átmenetességi ugrások jönnek létre a hónaljgörbület mentén, melyeket az olajfilm nem képes már enyhíteni. Ennek befolyása a fáradási törésre igen jól vizsgálható fotoelasztikus módszerrel (Power Transmission, 1947. VIII.). Ily vizsgálatok és bő tapasztalatok alapján egy formulát állítottak fel, melyet ajánlanak a hajlító igénybevétel számítására:

$$\sigma_b = 1,5 \cdot \frac{B}{B} \cdot \frac{K}{\xi \cdot i},$$

ahol:  $\sigma_b$  = a megengedhető hajlító igénybevétel,

$P$  = az átvitt kerületi erő, melyet a fejélen hatva képzelnek,

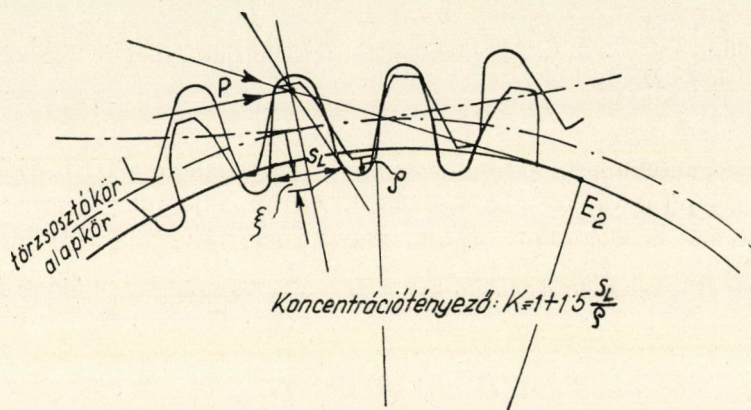
$B$  = a kerékszélesség,

$K$  = a koncentrációtényező,

$\xi$  = egy, a 45. ábrából látható távolság,

$i$  = a kapcsolószám.

Fenti formula a Lewis-formulának módosítása. Repülőgépfogazásoknál ugyanis speciális fogméreteket alkalmaznak, miért is a szabványos táblázatokban található Lewis-féle  $Y$  tényező nem felel meg, hanem helyette a  $\xi$  távolságot



45. ábra.

kell betenni, ezt pedig grafikusán kell megállapítani a fogazásnak nagy léptékben való felrajzolása útján. Rendes számításoknál ez a  $\xi$  távolság határozza meg  $Y$  tényezőt, amennyiben  $\rho = \frac{2}{3} \xi$ . A  $K$  koncentrációtényező, melyet a fotoelasztikus kísérlet állapított meg és mely a 45. ábrával van definiálva:

$$K = 1 + 1,5 \cdot \frac{s_L}{\rho} \quad ; \text{ ahol: } s_L = \text{ a fog lábvastagsága (45. ábra)}$$

$\rho$  = a hónaljgörbület sugara.

A Lewis-formula módosítása lényegében abban áll, hogy ki van hagyva belőle a sebességi tényező, mely a megengedhető hajlító igénybevételt erősen csökkentené; ez azért indokolt, mert a fogazáshibák a szoros tűrések által kicsinyre vannak leszorítva (és jól ellenőrizhetők is), — de másfelől, mert ütközés vagy más lökőhatású túlterhelés nagy sebességeknél csak csökkentett befolyást gyakorolnak, miért is nagyobb terhelés engedhető meg, mint kis sebességnél.

*A csúszósebesség*

Repülőgépfogazásoknál a csúszósebesség kérdése kevés jelentőségű. Csúszósebesség a kapcsolat elején és végén okozhatna nagyobb súrlódást, azonban többnyire oly kis modulusok használatosak, hogy ez még nagyterhelésű bolygóműveknél sem számottevő. Még 20 m/sec csúszósebességnél sem mutatkozott semminemű nehézség.

Számítani a csúszósebességet külső fogazásnál a következő képletből lehet :

$$v_{cs} = \frac{2 \cdot v \cdot \varepsilon}{D_1} \cdot \frac{1 + A}{A} ;$$

ahol :  $v_{cs}$  = a maximális csúszósebesség,

$v$  = az osztókör kerületi sebessége,

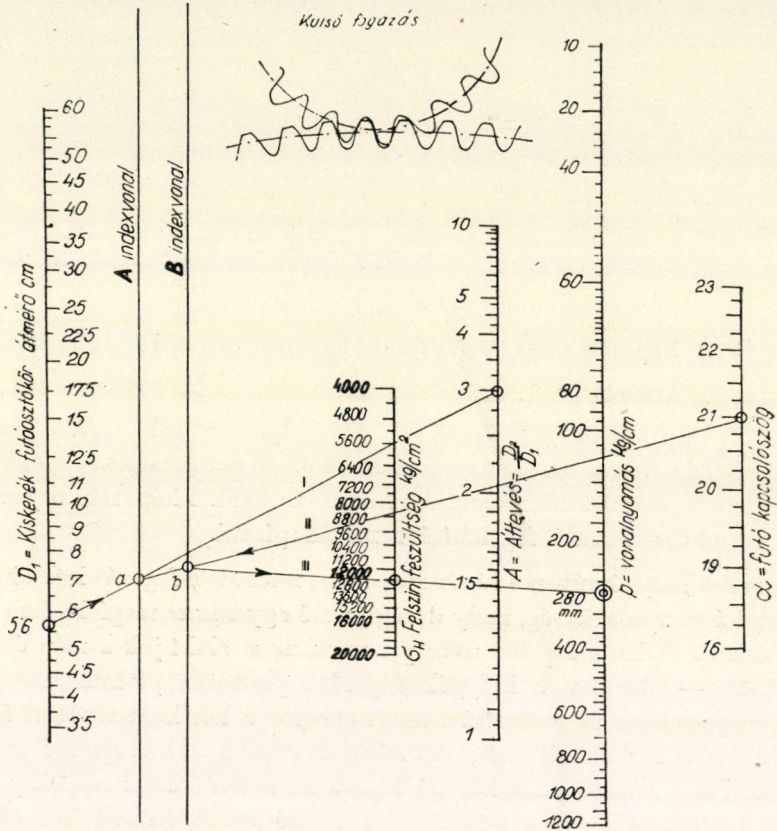
$D_1$  = a kiskerék osztókör átmérője,

$\varepsilon$  = a kapcsolóhossz hosszabbik fele a centrálistól számítva,

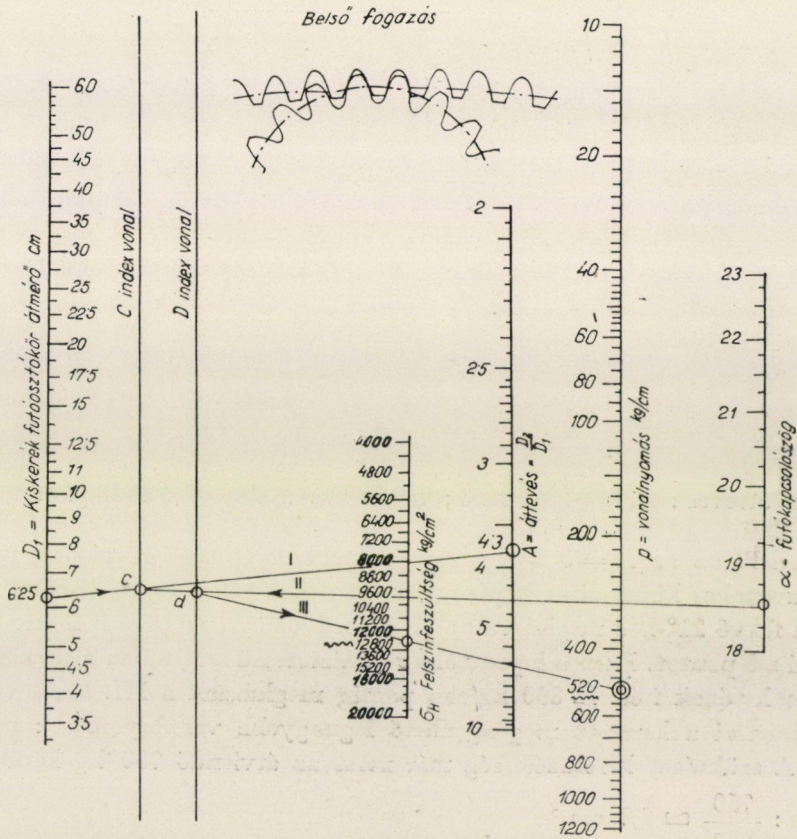
$A$  = az áttevés  $\geq 1$ .

Minden új hajtóműnél igen sok fáradságos munka szükséges ahhoz, míg a megfelelő üzemi viselkedés biztosítható. A deformációkat például megadják ugyan a számítások, véglegesen azonban csak kísérletek útján lehet a tényleg legjobban beváló fogalakítást megállapítani.

Legtöbb bolygóműben a kosár rugalmas, miért is a fogazás hosszirányában oly módosításra van szükség, mely a végig való egyenletes megfekvést segíti elő. Ez úgy érhető el, ha a fogakat nem prizmatikusan alakítjuk a nap és a gyűrű fogazásánál, — ellenben a bolygók fogazása pontosan párhuzamosan készül a forgástengelyekkel. A módosítást azért előnyös a két koncentrikus fogazáson eszközölni, mert így a kúposág ellenőrzését mindig csak az egyik fogvégen kell megejteni. Ha a kúposítást a bolygó fogazásán kellene készíteni, úgy annak a középtől kétoldalra kellene vékonyodni és kétoldalt kellene az ellenőrzést valamennyi bolygón végezni, ami már sokkal kényesebb. Lassító hajtásnál a bolygófogazás parallelitása 0,0075 mm tőrésel készüljön. A nap- és gyűrűfogak eltérése a parallelitástól 0,002 mm per mm legyen. Fogprofilul alapjában evolvensgörbét alkalmaznak, azonban a nagy terhelés okozta fogbehajlás, mely vésőszerű kimaródást és gödrösödést, vagy elgyűrődést okozna, megkívánja a fejjavítást, mellyel enyhítjük az ütközéses felszínfeszültségugrást, ami a kis kerékfog gyökének erős görbültségétől állana elő. A bolygófogakat tehát, (mivel itt az áttevés gyorsító), tekintélyesen vissza kell vágni a fejlüknél. A visszavágás módját és mértékét szerző a Magyar Tudományos Akadémia Műszaki Osztályának Osztályközleményeiben 1951. IV. tárgyalja részletesen.



46. ábra.



47. ábra.

### Kerékszélességszámítás élettartam alapon

Acélfogazásoknál a megengedhető terhelés, illetve a szükséges kerékszélesség megállapítására a 46. és 47. ábrák diagramjai használhatók. Ezek a HERTZ-egyenleteken alapulnak és a centrális pontra vannak vonatkoztatva. A nomogramokban a tervezés fő tényezői szerepelnek: futóátmérő, futókapcsolószög, fogszámok.

Az átalakított HERTZ-egyenlet:

$$\sigma_H = 836 \cdot \sqrt{\frac{p}{D_1 \cdot \sin a} \cdot \frac{1+A}{A}}$$

(belső fogazásnál  $\frac{1-A}{A}$  irandó).

Repülőgéphajtóműveknél végzett beható kísérletek alapján oly fogfelszínéknél, melyek Rockwell C . 60-ra vannak keményítve, a megengedhető  $\sigma_H$  egy 11 000 kg/cm<sup>2</sup> körüli érték. — Kisebb keménységű acéloknál az érték arányosan csökkentendő egészen Rockwell C.20-nál 5 000 kg/cm<sup>2</sup>-ig.

*I. Számításpélda.* Mennyi kerékszélesség kell minimálisan 750 kg kerületi erőnek külső fogazással való átvitelére egy bolygóműnél, melynél a bolygó futóosztókör átmérője = 5,6 cm, a napé 6,75 cm és a futó kapcsolószög = 21°.

Az áttevés:  $A = \frac{6,75}{5,6} \cong 3$ ; felkeresve a  $D_1 = 5,6$  skálapontot, onnan

az áttételskálán az  $A = 3$  ponthoz meghúzzuk az I kereső vonalat, mely az  $A$  indexvonalon kimetszi az  $a$  pontot. Ezen  $a$  ponttól a kapcsolószögek skálavonalán fekvő 21°-hoz meghúzzuk a II. keresővonalat, mely a  $B$  indexvonalon kimetszi a  $b$  pontot. Ezen a  $b$  ponttól a  $\sigma_H$  felszínfeszültségskálán a maximálisan megengedhetőnek ítélt 12 800 kg/cm<sub>2</sub> pontig meghúzzuk a III. keresővonalat, mely kimetszi a keresett megengedhető legnagyobb vonalnyomást:  $p = 280$  kg/cm. A szükséges kerékszélesség már most az átviendő 750 kg kerületi erő számára:  $\frac{750}{280} \cong 2,7$  cm.

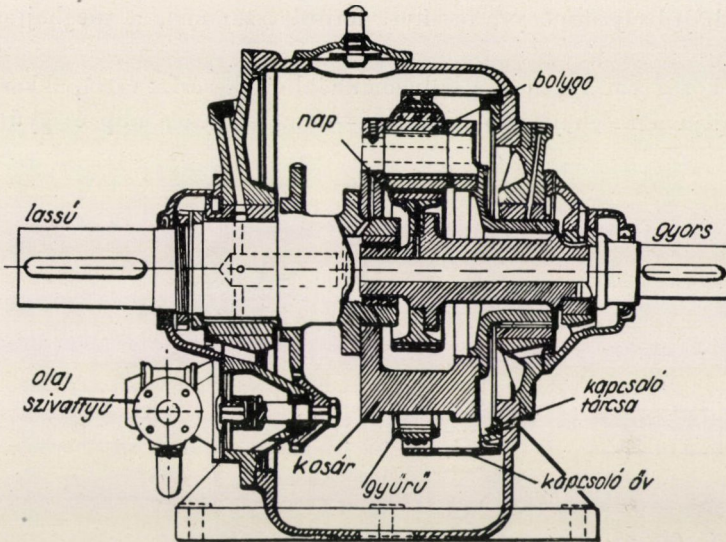
*II. példa.* Mennyi a minimális kerékszélesség 1000 kg kerületi erőhöz belső fogazásnál, ha a bolygó futóosztókör átmérője 6,25 cm, a gyűrűé: 26,25 cm, és a futó kapcsolószög 18,5°.

Az áttevés:  $A = \frac{26,25}{6,25} = 4,2$ . Felkeressük a  $D_1 = 6,25$  skálapontot,

onnan az áttételskálán az  $A = 4,2$  ponthoz meghúzzuk az I. keresővonalat, mely a  $C$  indexvonalon kimetszi a  $c$  pontot; ezen  $c$  ponttól a kapcsolószögek skálavonalán fekvő 18,5°-hoz meghúzzuk a II. keresővonalat, mely a  $D$  index-



vonalon kimetszi a  $d$  pontot. Ezen a  $d$  ponttól a  $\sigma_H$  felszínfeszültségskálán a maximálisan megengedhetőnek ítélt  $12\,800\text{ kg/cm}^2$  pontig meghúzzuk a III. keresővonalat, mely kimetszi a keresett megengedhető legnagyobb vonal-



48. ábra.

nyomást :  $p = 520\text{ kg/cm}$ . A szükséges kerék szélesség már most az átvendő  $1000\text{ kg}$  kerületi erő számára  $\frac{1000}{520} = 1,92\text{ cm}$ .

A repülőgépbolygóműveknél tett tapasztalat — mint látható —, a minimálisan szükséges kerékméret megállapításánál a sebesség befolyását elhanyagolhatónak találta és nem is veszi tekintetbe.

Más vizsgálatok (W. A. Tuplin, Engineering. 1950. III. 17.) szerint nagysebességnél a terhelés is növelhető, illetőleg az igénybevételek előnyösebbek és különösen a dinamikus lökések veszélye csökken. A nagy sebesség ezenfelül egy meg nem szakadó olajfilm létesülését is elősegíti (Cavé.-Revue Generale de Mechanique. 1949. XII.).

Mindezek világosan arra mutatnak, hogy fogaskerék szempontból a nagysebességnek lényeges előnyei vannak, ami gyökeresen rácsafol a régebbi felfogásra és az azon alapuló normalizálási törekvésekre.

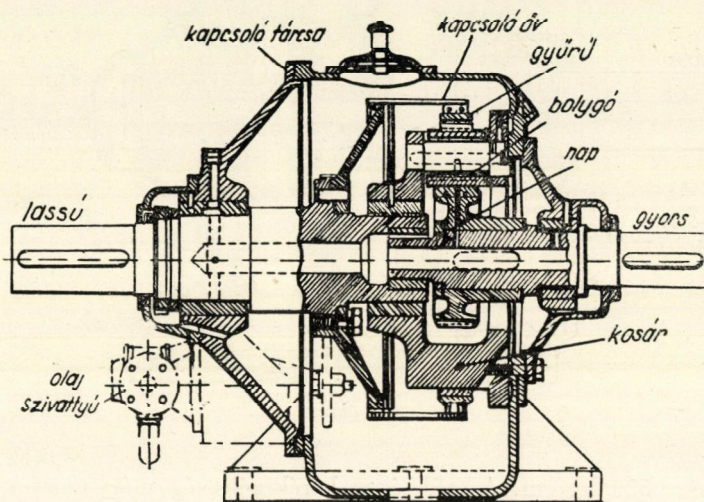
Egy legújabb szerkezeti megoldás az *Allan Stöckicht* szabadalom, mely a felsorolt elveket jól felhasználja.

Rövidített kifejezéseket használva a háromféle működtetésmódra van :  
1. gyűrűfix ; 2. kosárfix ; 3. napfix működés.

A 48. ábrában az 1. gyűrűfix típusú elrendezést,  
a 49. ábrában a 2. kosárfix típusú elrendezést látjuk.

E két esetben, ha azokat lassításra alkalmazzuk, a nap a hajtóelem. Ha a gyűrű van a bolygómű házhoz rögzítve (gyűrűfix eset), akkor a kosár viszi át a hajtóteljesítményt, lassított fordulatszámmal, a meghajtandó tengelyre.

Ha a kosár van rögzítve a bolygóműházhhoz (kosárfix eset), akkor a gyűrű forog és hajtja a meghajtandó tengelyt. — Ez esetben a nap és gyűrű között



49. ábra.

nincsen semmilyen bolygóviszonylatú elmozgás, hanem csupán egy rendes áttevés keletkezik egy közbeiktatott közvetítőkerékkel, melynek nincsen más szerepe, mint hogy megváltoztatja a forgásértelmet, vagyis a meghajtott tengely ellenkező forgásértelemben forog, mint a hajtó (nap) tengely.

A 3. napfix esetben a naptengely áll; a hajtótengely közvetlenül a gyűrűhöz van rögzítve és azt forgatja. A meghajtott tengely a kosárt nyeri a forgást; a forgásértelmelem nem változik.

Az 1. gyűrűfix esetben az áttevés határai rendszerint 3-tól 12.

A 3. napfix esetben az áttevés 1-től 1,7-ig terjed.

Egy 2-től 11-ig való áttevést a 2. kosárfix működtetéssel lehet elérni, de fordulátelmelemváltozással.

Egyszerű bolygómű helyett kétsoros kompaund-megoldás jól bevált a 12-től 1,6 áttevésig, egészen 2000 percnkénti hajtófordulatszámmal is. Az Allan—Stöckicht-rendszerű bolygóművek hatásfoka jóval nagyobb, mint egy csigahajtásé, sokkal kisebb a férőhelyük és súlyuk és a hajtásuk koncentrikus.

Egy bolygóműben a legnagyobb kerék is kisebb, mint az egyszerű, párhuzamos tengelyű fogaskerék-hajtóműveknél és mivel a terhelés legalább is három bolygóra oszlik el, a kerékszélességek is jóval kisebbre méretezhetők. A nap- és a bolygókerekeket betétedzésű acélból lehet készíteni. Fognyomásreakció sem a hajtó-, sem a meghajtott tengelynél nincsen, a csapok lebegnek és a csapágycsapok kicsinyek lehetnek, mert a súlyon kívül nincsenek terhelve. A helyes középvezetési szerelés is könnyebb.

A veszteségek forrása egy hajtóműnél főleg két fajtájú: csapágsúrlódás és fogkapcsolási súrlódás.

A gyűrűfix és napfix esetben a fogkapcsolási veszteség kicsi, mert a relatív csúszósebességek, melyek értéke  $\frac{A-1}{A}$  megszorozva az osztókörsebességgel.

Például:  $A = 3$ ;  $\frac{3-1}{3} = \frac{2}{3}$  vagyis annyi csak, mint rendes hajtóműnél.

Kosárfix működtetésnél például:  $A = 1,5$ ;  $\frac{1,5-1}{1,5} = \frac{1}{3}$  a veszteségarány.

A bolygóműtervezés sarkalatos pontja a terhelés megoszlásának biztosítása a bolygók között. Sztatikailag három bolygónál ez tökéletesen biztosítható, ha sem a nap, sem a kosár, sem a gyűrű nem lebeghet, mert ekkor az erők a szabad tengelyt oly helyzetbe kényszerítik, melyben mindhárom bolygónak egyformán kell hordania. De ennek megvalósítása mozgó alkatrészeknél úgy szólván lehetetlenség, mert azok elasztikusak és teljesen pontos fogazás nincsen.

Allan Stöckicht tehát a fogazásterhelésből előre kiszámított behajlás létesítésére egy dupla fogaskerékes típusú flexibilis tengelykötést alkalmaz, mely e behajlásnak megfelel. Ez a flexibilitás elegendő ahhoz, hogy minden egyéb apróbb fogazáspontatlanságot ellensúlyozzon és biztosítsa az egyenletes elosztást. Az 50. ábra egy bolygóművet láttat 30 000-ről 3600 fordulatra való áttevés számára.

Bolygóművek áttevés-megállapítása könnyen eltéveszthető, azonban használhatunk rá egyszerű grafikus módszert, melynél egy hiba azonnal látható.

Megrajzoljuk az adott bolygómű lineáris és anguláris sebességeinek diagramját, mely minden elem sebességére megadja az értékét.

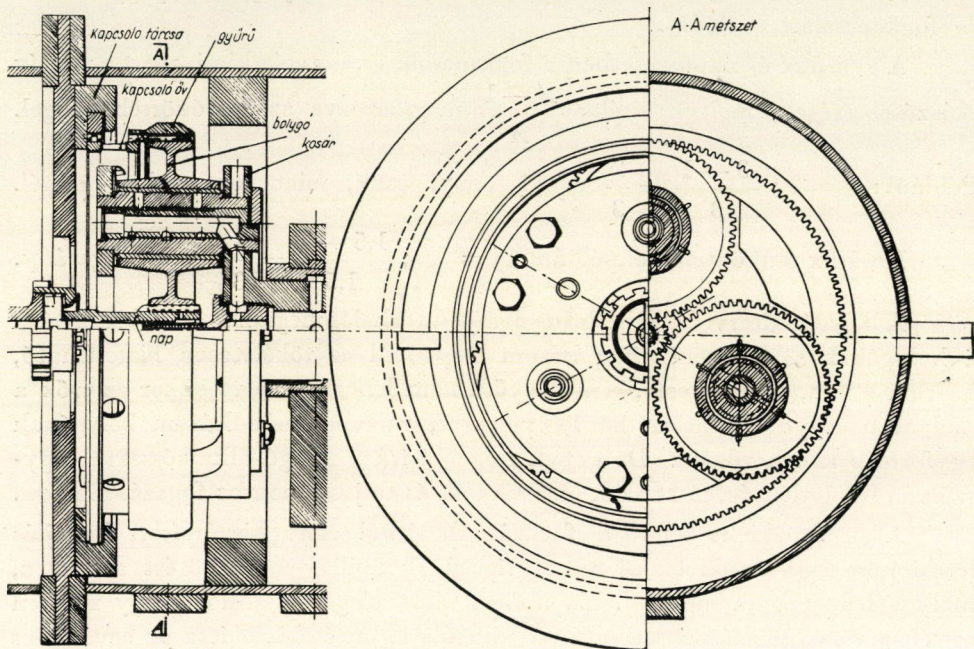
Legyen:  $P$  = a fogterhelés;  $T$  = a tengelyre ható forgatónyomaték;  $V$  = az osztókörsebesség;  $N$  = a percnkénti fordulatszám.

Egy adott bolygóműnél  $P \cdot V$  valamint  $T \cdot N$  állandóak, ha eltekintünk a súrlódási veszteségtől.

A lineáris sebességsdiagramban az osztókörsebesség, az anguláris diagramban a szögsebesség egy viszonylagos mértéke a  $P$ -nek és a  $T$ -nek. Következőkben a kerekeket azok osztókörével ábrázoljuk. Kapcsolódó kerekek között a relatív elmozgás mindig azonos, akár rögzítve vannak a tengelyeik, akár nem.

Ez egyszerű bolygóművet tartva szem előtt:  $A = \text{nap}$ ,  $B = \text{bolygó}$ ,  $C = \text{gyűrű}$  és  $D = \text{híd (kosár)}$  elemekkel (51. ábra). Jelöljük a kerékközéppontokat:  $a$ ,  $b$ ,  $c$ -vel. Az  $ac$  egyenes adja a  $D$  hídat.

Ha  $A$  és  $B$  közötti centrálispont  $f$ , akkor az ottlévő osztókörsébségeket az  $ac$ -re merőlegesen  $V_{ab}$  vektor fogja ábrázolni.  $V_{ab}$  léptéke tetszőleges. Összekötjük  $a$  és  $b$ -t  $d$ -vel. Világos, hogy bármely  $fd$ -vel párhuzamos vonal, mint



50. ábra.

például a  $hj$  vonal, az  $A$  keréken az  $ah$  sugarú kör kerületi sebessége. Általában bármely merőleges az  $ab$ -re az  $abd$  háromszögön belül a tangenciális sebességet jelenti minden  $A$  és  $B$ -n lévő megfelelő sugarú körhöz.

A  $bd$  vonal, mely  $b$ -n túl fekszik már, metszi a  $V_{bc}$  vektort  $e$  pontban.  $V_{bc}$  a  $B$  és  $C$  kerekek osztókörsébségeit jelenti, merőleges  $ac$ -re és a  $g$  csúcsponton megy át.

Láttuk, hogy bármely  $hj$  vonal az 51. ábrában a tangenciális sebességet jelenti valamely  $ah$  sugarú körön. — Általában: a szögsebesség:  $\omega = \frac{V}{r}$ , ahol

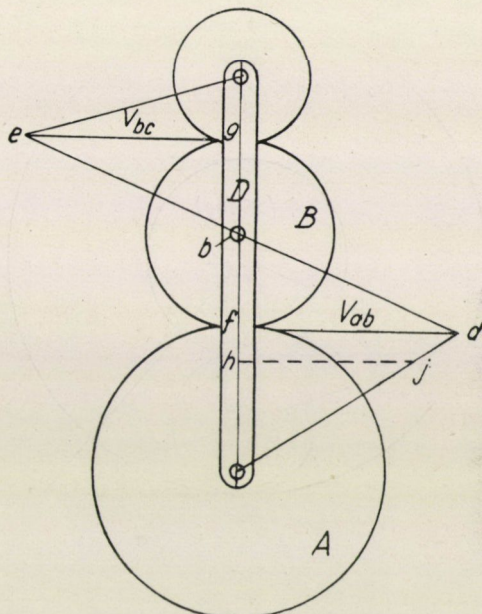
$V = \text{osztókörsébség}$ ,  $r = \text{osztókórsugár}$ .

Az 51. ábra sebességdiagrammjából látható, hogy :

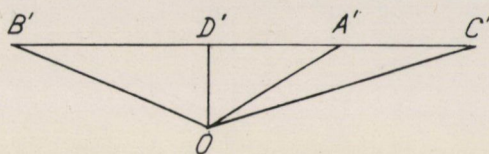
$$\frac{V_{ab}}{r_a} = \text{az } ad \text{ vonal csúcspont (végső pont) -nak megfelelő; tehát: } \frac{V_{ab}}{r_a} =$$

$= \omega_a = \text{az } A \text{ kerék szögsebessége, vagyis az } ad \text{ vonal csúcspontja az } A \text{ szögsebességének mértékét jelöli ki.}$

Hasonlóképpen a  $B$  és  $C$  kerekek szögsebességét a  $de$  és  $ce$  vonalak csúcspontjai határozzák meg.



51. ábra.



52. ábra.

Ezekből az összefüggésekből a fordulatszámok diagrammja már megrajzolható (52. ábra). 0-ból megrajzolva  $OA'$ ,  $OB'$ , és  $OC'$ -t, párhuzamosan  $ad$ ,  $de$ ,  $ec$ -vel (a sebességdiagrammban), meghúzva az  $OD'$  vonalat párhuzamosan  $ac$ -vel (51. ábra) bármilyen alkalmas léptékben, az egységnyi lesz.

Kössük össze  $B' D' A' C'$ -t egy az  $OD$ -re merőleges vonallal. Ha a hídát rögzítjük, akkor  $B' D'$ ,  $A' D'$  és  $C' D'$  fogja jelenteni az  $A$ ,  $B$ , és  $C$  kerekek

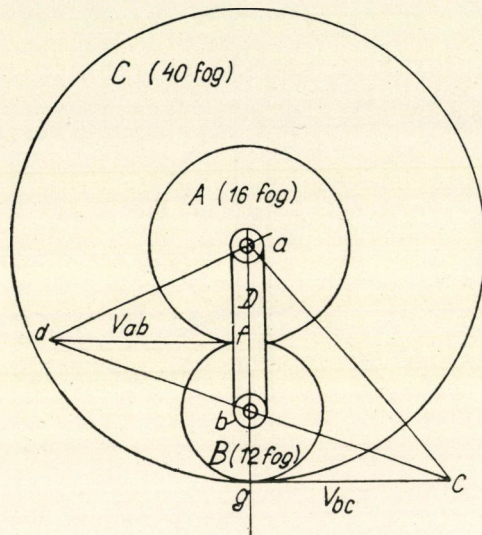
relatív fordulatszámait, a  $D$  hídhöz képest. Megjegyzendő, hogy a  $D$ , egyik oldalán a fordulatszám pozitív, a másik oldalán negatív. Világos, hogy ha  $A$  van rögzítve, akkor a  $B$  és  $C$  kerekének relatív fordulatszámai és a  $D$  hídé:  $B'A'$ ,  $C'A'$  és  $D'A'$  lesznek.

Számbeli példában (53. ábra): Egy rendes bolygóműnél adva van:

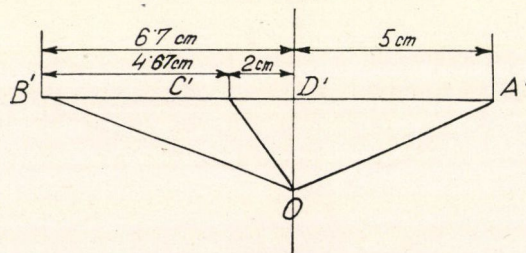
Az  $A$  nap fogszáma = 16,

a  $B$  bolygó fogszáma = 12,

a  $C$  gyűrű fogszáma = 40.



53. ábra.



54. ábra.

A hidat  $D$ -vel jelöljük. A  $C$  gyűrű rögzített. Az  $A$  nap forogjon 200 percenkénti fordulattal.

Rajzoljuk fel valamely alkalmas léptékben a kerekeket (53. ábra). Alul (54. ábra) az  $OD'$  függélyes jelentse valamely léptékben a  $D$  hidat (kosarat); emeljünk rá merőlegest, mely a  $D'$  mindkét oldalára kiterjed. Rajzoljunk az  $O$  ponton rá párhuzamosokat  $ad$ ,  $de$ , és  $ae$ -vel, melyekkel metsszük az  $OD'$ -t,

az  $A'$ ,  $B'$  és  $C'$  pontokban. Az 54. ábrában választott lépték szerint lesznek a méretek értelmezve. Leolvashatjuk tehát a diagrammból a sebességek áttevéseit:

$$\frac{D \text{ fordulatszáma}}{A \text{ fordulatszáma}} = \frac{C' \cdot D'}{C' \cdot A'} = \frac{2,0}{7,0}$$

Eszerint a  $D$  sebessége  $= 200 \cdot \frac{2,0}{7,0} = 57,143$  fordulat per perc.

A  $B$  sebességét illetően  $A$ -hoz képest: leolvassuk  $B' C'$  és  $A' C'$  áttevést, vagyis:

$$B \text{ sebessége} = 200 \cdot \frac{4,67}{7} = -133,34 \text{ fordulat per perc.}$$

A negatív előjel mutatja, hogy a bolygó ellenkező értelemben forog a nappal.

Ha az  $A$  napot kellene rögzíteni, akkor az  $A$ , pont lesz valamennyi áttevésre mértékadó a fordulatszámok diagrammjában: az áttétel tehát

$$\frac{\text{gyűrű}}{\text{kosár}} = \frac{A' \cdot C'}{A' \cdot D'}$$

Bolygóművek tervezésénél gyakran előfordul, hogy a bolygókat nem lehet egyenletesen elosztani pályakörükön, mert ebben akadályoz az, hogy a bolygók egyidejűleg kapcsoljanak a nap és a gyűrű fogaival. Ilyen eset például, ha egy  $z_{gy} = 58$  fogú gyűrű, egy  $z_n = 28$  fogú nap, és négy  $z_b = 15$  fogú bolygónak kellene együttműködni.

Tervezési szakkönyvekben azt a szabályt találjuk, hogy bolygóműveknél két bolygó esetében a nap és a gyűrű vagy mind a kettő páros, vagy mind a kettő páratlan fogszámú legyen. Három bolygónál, ha a  $z_n$  osztható hárommal, akkor a  $z_b$ -nek is oszthatónak kell lennie hárommal. Ha ellenben  $z_n + 1$  volna osztható hárommal, akkor  $z_b + 1$ -nek kell hárommal oszthatónak lennie. Ha  $z_n - 1$  osztható hárommal, akkor  $z_b + 1$  legyen osztható hárommal. Négy bolygónál, ha  $z_n$  és  $z_{gy}$  fogszámai párosak, akkor  $z_b$  is páros, ha páratlan,  $z_b$  is páratlan legyen.

E szabályok biztosítják a bolygók eloszlásának egyenletességét mindazon esetben, ha  $z_n + 2 \cdot z_b = z_{gy}$ .

Azonban nem áll, hogy a bolygókat feltétlenül egyenletesen kellene elosztani pályakörükön; lényeges csak az, hogy a forgótömegek ki legyenek egyensúlyozva, mert minden kiegyensúlyozatlanság növeli a csapágyak terhelését.

Páros számú bolygónál a kiegyensúlyozás megvan akkor is, ha két-két bolygó átmérőben szembenáll egymással; páratlan bolygósám esetén pedig, ha a bolygók egymásközötti távolsága egyenlő. Ez alapon bármely bolygósám alkalmazható, feltéve, hogy még szabadon elférnek egymástól. Tökéletes kiegyensúlyozás ugyan nem mindig lehetséges, azonban azt mindenkor igen jól meg-

közelíthetjük. Mindenesetre a bolygómű rendeltetése dönti el, hogy kelle-tökéletes kiegyensúlyozás. Igen nagy sebességeknél ez bizonyára feltétlenül megkívántatik, de ha tökéletes kiegyensúlyozás nem kell, akkor is célszerű kiszámítani, hogy valamely elhelyezésmódnál milyen nagy terheléstöbblet adódik.

Következő jelölésekkel :

$\psi$  = két (bármely) bolygó közötti központi szög.

$z_n$  = nap fogsám ;  $z_{gy}$  = gyűrűfogsám ;  $z_b$  = bolygófogsám.

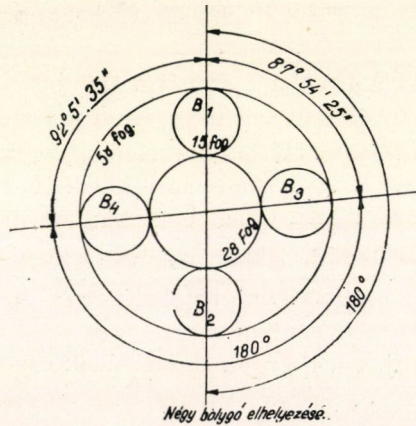
$Q$  = egy megválasztott egész szám, mellyel alábbi képletünk vagy éppen kiadja, vagy jól megközelíti azt a  $\psi$  szöget, mely a teljes kiegyensúlyozáshoz szükséges.

A bolygóelosztás központi szögét,  $\psi$ -t, a következő képlet adja ;

$$\psi = \frac{360}{z_n + z_{gy}} \cdot Q$$

*Példában* : szerkesztendő négy bolygóval egy bolygómű, melynél :  $z_n = 28$  ;  $z_{gy} = 58$  ;  $z_b = 15$ . Ekkor :

$$\frac{360}{28 + 58} = 4,186047$$



55. ábra.

A kiegyensúlyozáshoz két bolygónak szemben kell állnia.

Ha :  $\psi = 180^\circ$  és azt 4,186047-tel osztjuk, akkor  $Q = 43$  egész számot kapunk és ezzel (55. ábra) a  $B_1$  és  $B_2$  bolygók el vannak helyezve. Kívánatos még, hogy a  $B_3$  és  $B_4$  bolygó szomszédjaitól  $90^\circ$ -nyira kerüljön. Ez esetre  $\psi = 90^\circ$ , amit 4,186047-tel elosztva :  $Q = 21,5$ , vagyis nem egész szám adódik.



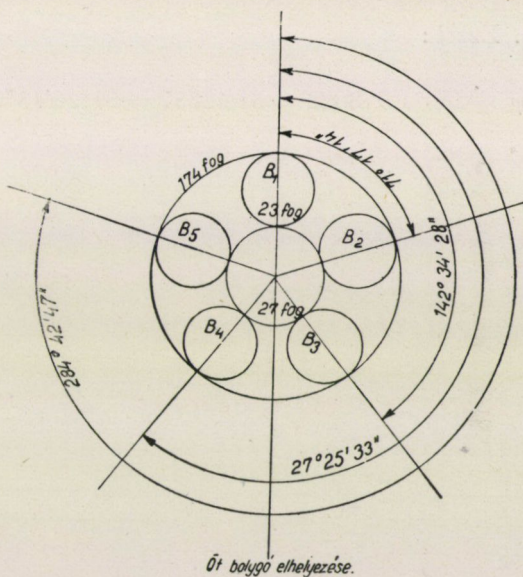
tehát a legközelebbi egész számot kell választani : vagy 21-et, vagy 22-t. Tehát :

$$21 \cdot 4,186047 = 87,90699 = 87^\circ 54' 25'' ; \text{ vagy :}$$

$$22 \cdot 4,186047 = 92,09303 = 92^\circ 5' 35'' ; \text{ (55. ábra).}$$

A  $B_3$  és  $B_4$  bolygó ezek szerint szembenállhat ugyan egymással, de a  $B_1$  bolygótól a  $B_3$  bolygónak  $87^\circ 54' 25''$ -nyire lesz a helye. Képletünk használható az esetben is, ha  $z_n + 2 \cdot z_b$  nem egyenlő  $z_{gy}$ -vel. Ugyanis, ha a bolygófogakat pozitív korrigálták és a nap-, valamint a gyűrű fogai akár semmi, akár pozitív, akár negatív korrekciót kaptak, a képlet nem változik, érvényes marad.

*Példában* : öt bolygónál a fogak pozitív vannak korrigálva, a napfogak szokványos méretűek, — a gyűrűfogak pozitív vannak korrigálva és eképpen a tengelytáv növelt ;  $z_n = 27$  ;  $z_{gy} = 74$  ;  $z_b = 23$ . Az öt bolygó lehetőleg egyen-



56. ábra.

letesen elosztva helyezendő el. Ha lehetséges volna, akkor  $\frac{360}{5} = 72^\circ$  volna

a legegyszerűbben a központi szög. Képletünk szerint  $\psi$  meghatározására

$$\frac{360}{z_n + z_{gy}} = 3,56436 \text{ adódnék és így : } Q = \frac{\psi}{3,56436} = \frac{72}{3,56436} = 20,2 \text{ volna ;}$$

a legközelebbi egész szám  $Q = 20$  választandó. Ezzel visszszámítva :  $\psi = 20 \cdot 3,56436 = 71,28720 = 71^\circ 17' 14''$ . — A  $B_2$  bolygónak a  $B_1$  bolygótól való elhelyezésszöge ezzel meg van állapítva (56. ábra). A kiegyensúlyozáshoz a  $B_3$  bolygót  $2 \cdot 72^\circ = 144^\circ$ -nyira kellene elhelyezni a  $B_1$  bolygóhoz képest ;

$$\text{ez esetre } Q = \frac{144}{5,56436} = 40,4 \text{ volna, tehát } Q = 40\text{-et választva, } \psi =$$

$40 \cdot 3,56436 = 142,57440 = 142^\circ 34' 28''$  elhelyezési szög adódik. — Hasonlóképpen a  $B_4$  bolygót a  $B_1$  bolygóhoz  $2 \cdot 72^\circ = 216^\circ$ -nyira kellene elhelyezni; itt  $Q = 61$ , és  $\psi = 61 \cdot 3,56436 = 217,42596 = 217^\circ 25' 33''$  elhelyezésszöget kapunk. A  $B_5$  bolygónál  $288^\circ$  helyett analóg módon  $Q = 81$  választással  $\psi = 288,71319 = 288^\circ 42' 47''$  lesz az elhelyezési (központi) szög.

Ha a bolygómű különböző fogszámai az egyenletes elhelyezést lehetővé teszik, akkor  $Q$ -ra mindig egész szám adódik azonnal és  $\psi$  is azonnal megvan. Így lenne ez, ha hét bolygót alkalmaznánk:  $z_n = 70$ ;  $z_{gy} = 112$ ;  $z_b = 21$  fogszámokkal; mert:

$$\frac{360}{z_n + z_{gy}} = \frac{360}{70 + 112} = 1,978022; \text{ az elhelyezésszög } \frac{360}{7} = 51,42857, \text{ és } Q =$$

$$= \frac{51,42857}{1,978022} = 26. \text{ Ezzel:}$$

$$\psi = 26 \cdot 1,978022 = 51,42857 = 51^\circ 25' 43''.$$

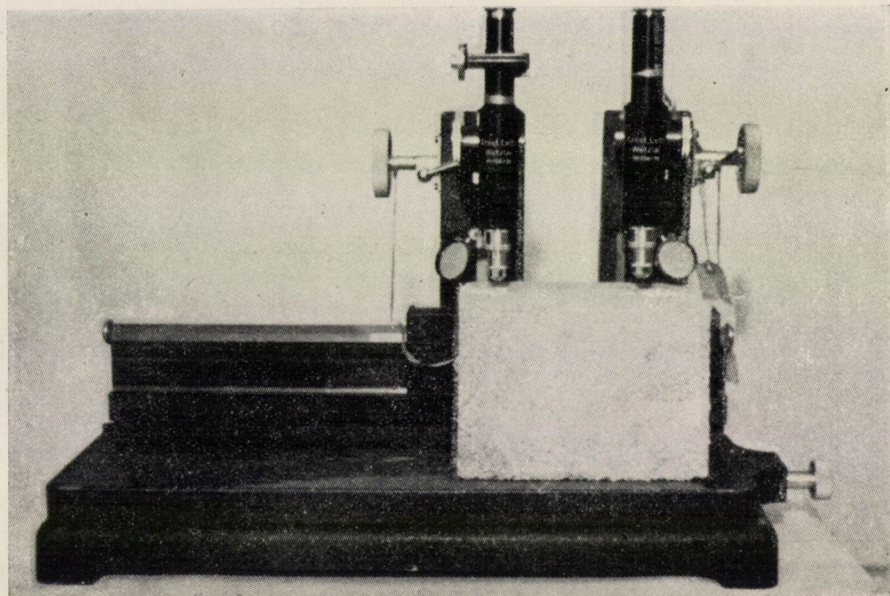
# HAZAI CEMENTEK ZSUGORODÁSÁNAK, A GŐZÖLÉSNEK, VALAMINT A BETON ÉS A BELEÁGYAZOTT ACÉLHUZAL KÖZTI FELÜLETI KÖTÉSNEK VIZSGÁLATA

MIHAILICH GYÓZŐ r. tag

Akadémiai székfoglaló, 1951. április 24-én.

## I. Zsugorodási vizsgálatok

Hazai cementjeink zsugorodásának vizsgálata mindezeideig biányzott, aminek főoka az volt, hogy nem állott rendelkezésre ú. n. klímahelyiség, amelyben hosszú időn át állandó hőmérséklet és a levegőnek állandó nedvességtartalma biztosítható. Tudvalevőleg úgy a hőmérsékletváltozás, mint a levegő nedvességtartalmának változása a cementből készült testeken alakváltozásokat okoz. A zsugorodás mérésének egyik előfeltétele tehát az, hogy ezen két tényező hatása kiküszöböltessek.



1. ábra. Leitz-Wetzlar-féle betonkomparátor.

Többéves szívós küzdelem után sikerült elérni, hogy végre 1948 év végén egy 4 m<sup>2</sup> alapterületű klímahelyiség rendelkezésre állott. A zsugorodásból származó hosszváltozások mérésére egy Leitz-Wetzlar-féle betonkomparátor szolgált, mely két mikroszkópból áll (1. ábra). Az egyikben fix szállkereszt van,

a másik pedig mikronpontosságú mérőmikroszkóp. A mérőhosszúság a próbatest felső felületére ragasztott, illetőleg a még puha habarcsba vagy betonba elhelyezett üveglemezeken létesített finom karcok közti távolság. A próbatestet egy számkóra helyezve el lehet mozgatni úgy, hogy az egyik üvegcarc pontosan a fix szálderet alá kerüljön. Ezután a mérőmikroszkópot a másik üvegcarc fölé lehet hozni. A két mikroszkóp egymásközti távolságát egy pontos osztású üvegléc segítségével lehet mikronpontossággal meghatározni. Előnye ezen készüléknek, hogy vele különböző méretű próbatesteken lehet méréseket végezni.

A szóbanforgó zsugorodást mérő vizsgálatok nyolcfajta cementre terjedtek ki. Ezek a MÁK portlandcement (M) és bauxitcement (Ba), lábatlani portlandcement (L), az S54 jelű cement és a szigmacement (Sz), a bélapátfalvi portlandcement (B) és a fehércement (F), valamint a selypi traszportlandcement (T. 20/80). A cementet közvetlenül a gyárból kaptuk. A próbatestek készültek cementpépből, habarcsból és betonból.

A cementpép vízcementtényezője 0,28, traszcement esetében pedig 0,30 volt. A habarcsrestek 1:3 súly szerinti keverőarányban készültek normálhomokkal. A vízmennyiség a száraz keverék súlyának 12,5%-a.

A próbatestek  $4\frac{1}{4}/16$  cm méretű hasábok. A mérőhossz 120 mm. A karcok elkészítése és az első leolvasás a próbatestek 24 órás korában történt. A méréseket először naponta, később másodnaponta, majd hetenként kétszer és végül hetenként egyszer eszközölték.

Minden fajta cementből 2—2 próbatest készült. A klímakamrában a hőmérséklet 20—22 C°, a levegő relatív nedvességtartalma pedig 62—64% volt.

Eddig a következő kísérletek végeztek :

- I. Cementpéptestek zsugorodásának vizsgálata.
- II. A cementek duzzadásának vizsgálata.
- III. Habarcsrestek zsugorodásának vizsgálata.
- IV. Összefüggés a habarcsrest zsugorodása és a vízcementtényező közt.
- V. Növekvő homoktartalom befolyása habarcsrestek zsugorodására.
- VI. Betontestek zsugorodásának mérése.

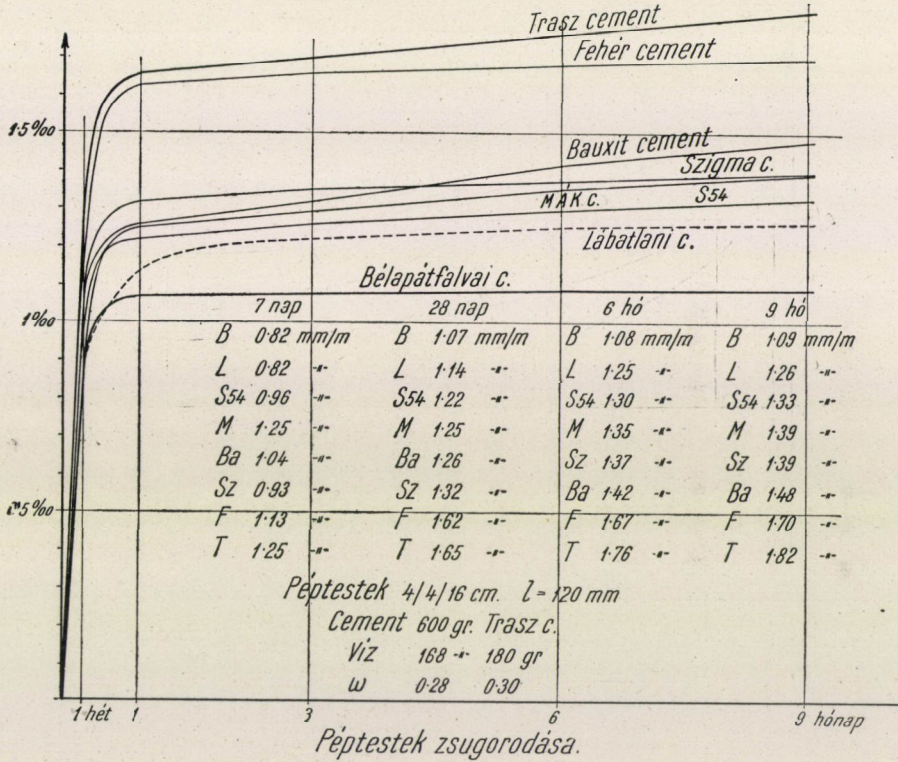
Mindezen kísérletek eredményei a következők :

*Az első (I. jelű) kísérletsorozat cementpéptestek zsugorodásának meghatározására szolgált. A mérések száma 776. Az első héten a zsugorodás igen rohamos volt, egy hónap után már kisebb mértékű a növekedés és pl. a bélapátfalvi cement nem is mutatott növekedést. A lábatlani cement, valamint a traszcement zsugorodása kilenchnapos korban, a 28 naposhoz képest mindössze 10%-kal nagyobbodott (2. ábra). A különböző cementek zsugorodása közt nagy a különbség. Legkevéssbé zsugorodott a bélapátfalvi portlandcement, a legjobban pedig a traszcement.*

28 napos korban a bélapátfalvi cement zsugorodása méterenként 1,07 mm, kilenchnapos korban 1,09, míg a traszcement egyhónapos korban méterenként

1,65 mm-t, kilenchónapos korban pedig 1,82 mm-t zsugorodott. A trasz cement zsugorodása tehát 54—69%-kal nagyobb, mint a bélépátfalvié. A többi öt cement: a lábatlani, S54, MÁK, szigma- és bauxitcement zsugorodása egymástól kismértékben különbözik.

Kilenchónapos korban a lábatlani portlandcement zsugorodása 15%-kal, a szigmacementté pedig 27%-kal nagyobb, mint a bélépátfalvié.

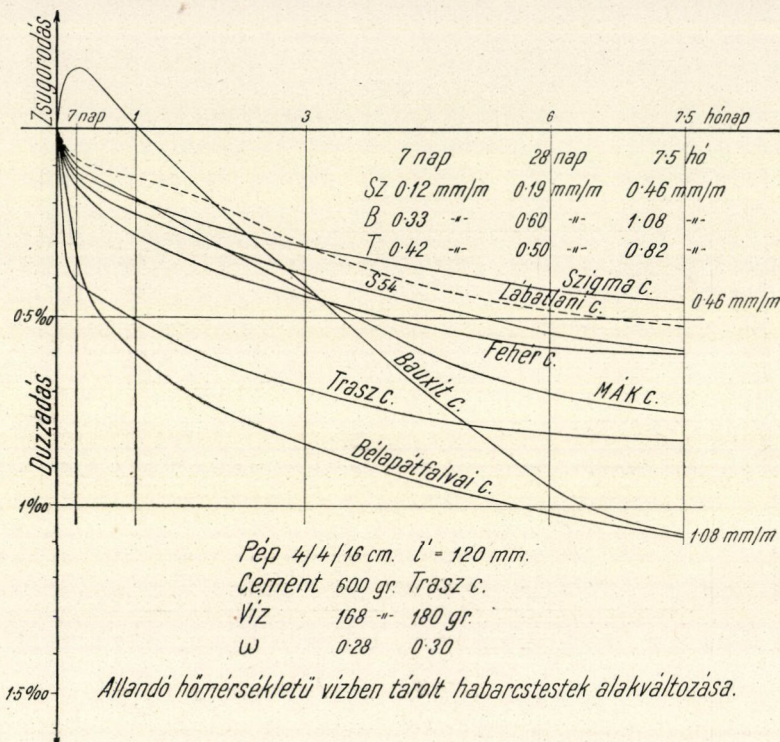


2. ábra.

A második (II. jelű) kísérletsorozat a cementek duzzadását vizsgálta. A mérések száma 836. Az első (I. jelű) kísérletsorozat próbatestjeivel azonos összetételű cementpéptestek készültek, melyek állandó hőmérsékletű 20 C°-os vízben tároltattak. A testek nem zsugorodtak, hanem duzzadást mutattak a bauxitcementtestek kivételével, melyek az első hónapban még zsugorodtak. A bauxitcement ezenkívül abban is különbözik a többi cementtől, hogy duzzadása rohamosan növekszik, úgyhogy két és félhónapos korban eléri a legjobban duzzadó bélépátfalvi portlandcement duzzadását (3. ábra).

Az egyes cementek duzzadásának mértéke igen különböző. A legkisebb duzzadást mutatta a szigmacement, a lábatlani portlandcement és az S54 j.

cement. Legnagyobb duzzadása a bélépátfalvi portlandcementnek volt. Viszont a bélépátfalvi és a trasz cement 7 nap multán jóval nagyobb duzzadást szenvedett, mint a többi cement. Hétnapos korban a szigmacement duzzadása méterenként



3. ábra.

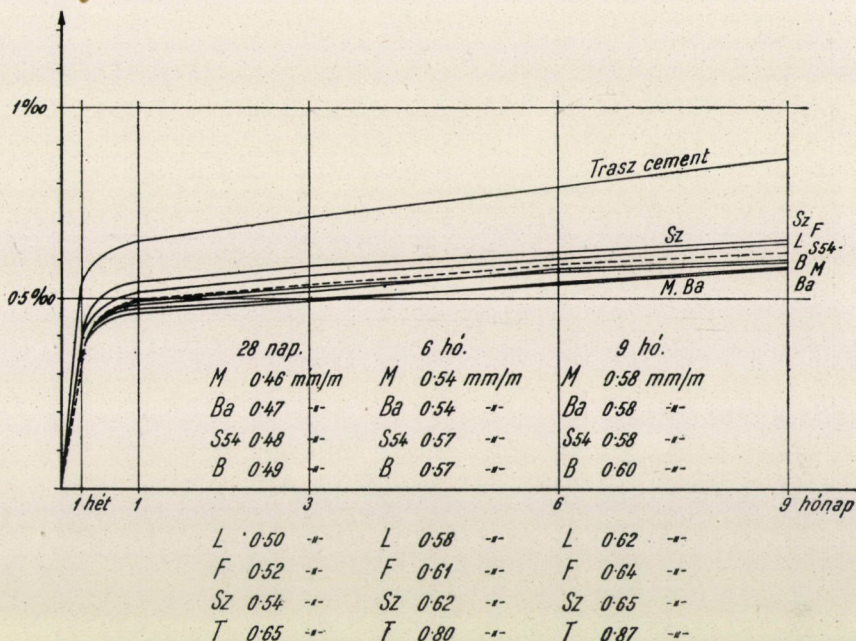
ként 0,12 mm, a bélépátfalvié 0,33, a trasz cementté 0,42 mm. Hét és félhónapos korban a szigmacement duzzadása méterenként 0,46 mm, a bélépátfalvié 1,08 mm, a bauxitcementé 1,07 mm.

Ezen kísérlet közvetlenül mutatja a repedésmentesség biztosítására a vízalatti tárolásnak, a betonépítmények nedvesen tartásának eredményességét és ebből a szempontból a bélépátfalvi portlandcement és a trasz cement előnyös tulajdonságait.

Előnyösnek mondható, hogy a bélépátfalvi és a trasz cement már az első héten számottevő mértékben duzzadt s így a belőle készített testben nyomófeszültségeket ébreszt, ami a repedésmentesség szempontjából figyelembe vehető.

A harmadik (III. jelű) kísérletcsoport habarccstestek zsugorodásának vizsgálata. A mérések száma 782.

A habarccstestekben a cement és a víz mennyisége a próbatest egész súlyához képest viszonylag jóval kisebb, s így a zsugorodás is lényegesen kisebb mértékű, mint a pépeké.



4. ábra. Habarccstestek zsugorodása.

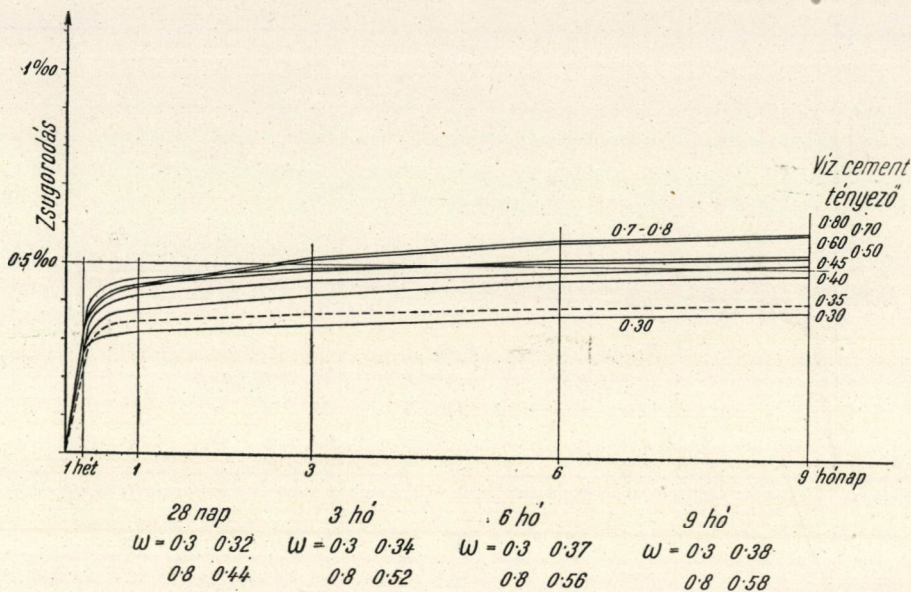
A traszportlandcementtel készült próbatestek zsugorodása erősen kiugrik, sokkal nagyobb, mint a többieké (4. ábra).

A többi hét cement zsugorodása közel azonos. Ezek közül legnagyobb zsugorodást adta a szigmacement, a legkisebbet a MÁK-cement. A kettő közt mintegy 16% a különbség. Viszont a traszcementtel készült próbatestek zsugorodása 40—50%-kal nagyobb, mint a MÁK-cementtel vagy bélépátfalvival készülték. Az első héten a zsugorodás igen rohamosan növekedett. A kilenc hónapra terjedő észlelések vonala emelkedő, mégpedig a traszcementes próbatesteké erősebb mértékben. A kilenc hónapos traszcementtel készült próbatestek zsugorodása 34%-kal, a többi cementé pedig 26%-kal volt nagyobb, mint a 28 napos testeké. E szerint a habarccstestek zsugorodásának növekedése nagyobb mértékű, mint a péptesteké.

Közismert, hogy a vízcementtényező növekedésével a zsugorodás is nő.

A negyedik (IV. jelű) kísérletsorozatban MÁK-cementtel és normálhomokkal 1 : 3 súlyarányban készültek habarccspróbatestek, melyek vízcementtényezője 0,3, 0,35, 0,4, 0,45, 0,5, 0,6, 0,7 és 0,8. A mérések száma 762.

A 0,7 és 0,8 vízcementtényezővel készült 3—9 hónapos próbatestek zsugorodása mintegy 50%-kal volt nagyobb, mint a 0,3 vízcementtényező esetében (5. ábra).



*Habarcstestek, MÁK-cement, normál-homok.*

5. ábra.

Az ötödik (V. jelű) kísérletsorozat. Különböző homoktartalmú habarcstestek zsugorodásának vizsgálatára szolgált. A próbatestek MÁK portlandcementtel és normálhomokkal készültek. A vízcementtényező: 0,35. A cement és a homok súly szerinti aránya 1 : 0,5, 1 : 1, 1 : 1,5, 1 : 2, 1 : 3, 1 : 4, 1 : 5 és 1 : 6.

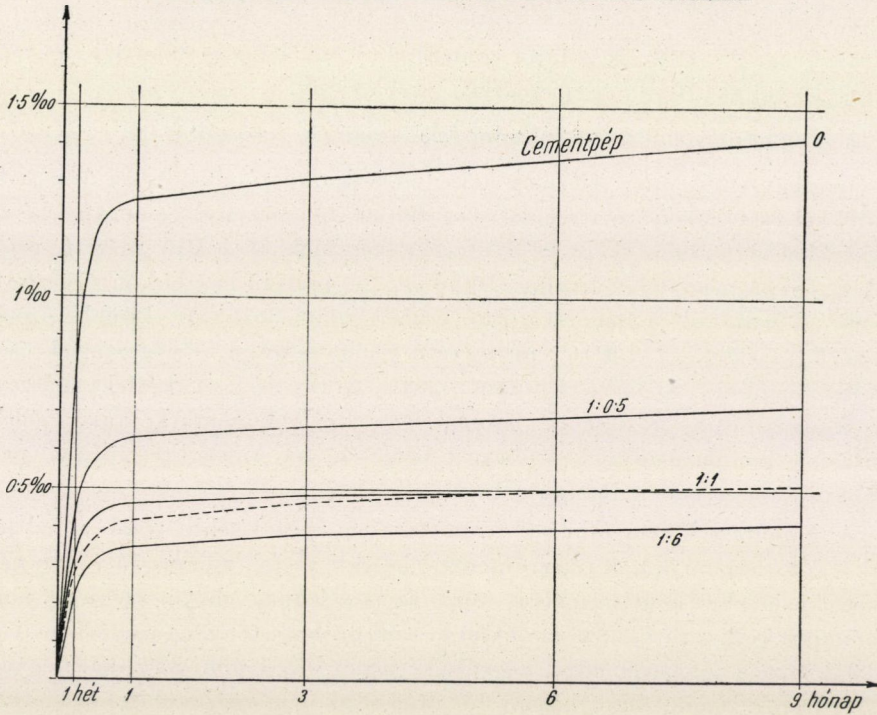
A mérések száma 782.

A homoktartalom emelkedésével a zsugorodás csökken (6. ábra). Az 1 : 1 és 1 : 6 arányú habarcstestek zsugorodása közt nincs nagy különbség, ami összefügg valószínűleg a normálhomok viszonylag nagy hézagtartalmával, aminek folytán a sok homokot tartalmazó habarcstestben a viszonylag kevés cementpép a likacsokon lehúzódik és így a felső felületen — ahol a mérés történik — a zsugorodásban csak kisebb különbségek mutatkoznak.

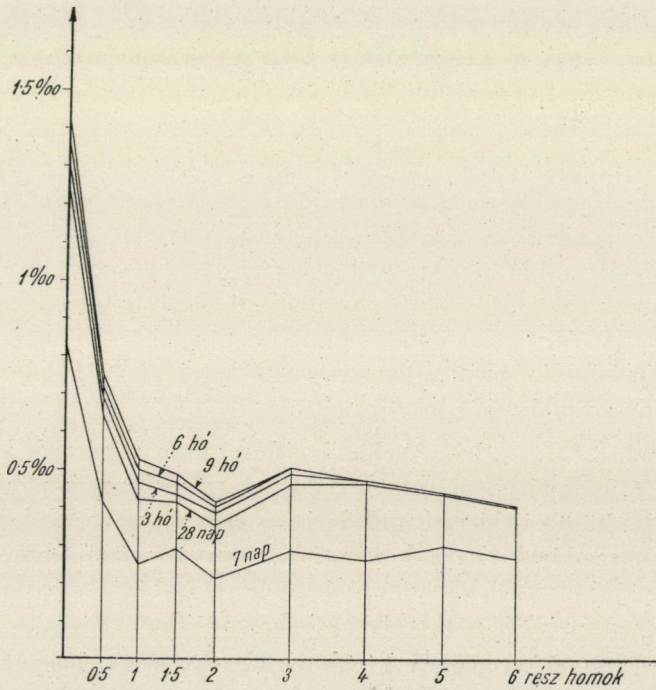
Az 1 : 4 keverőarányú és soványabb habarcstestek zsugorodása 28 nap után befejeződik és valamennyié azonos (7. ábra), ami valószínűleg az előbbiokra vezethető vissza.

A hatodik (VI. jelű) kísérletsorozat betontestek zsugorodásának vizsgálatával foglalkozott. A betonpróbatetek optimális összetételű, 20 mm-es legnagyobb szemnagyságú adalékanyagból készültek kész m<sup>3</sup>-ként 300 kg cementtel. A víz-





6. ábra. Különböző homoktartalmú habarcsztek zsugorodása.



7. ábra. Különböző homoktartalmú habarcsok zsugorodása.

cementtényező 0,6 volt. Négyfajta cementtel (MÁK, bauxit-, lábatlani és trasz-cement) készültek 10/10/50 cm méretű próbatestek.

A zsugorodás mérésére Amsler-féle készülék használtatott.

Megjegyzendő, hogy előzőleg a Leitz-féle komparátorral és az Amsler-féle készülékekkel összehasonlító vizsgálat végeztetett bélapátfalvi cementtel készült péptestekkel olyformán, hogy a Leitz-féle készülékkel 4/4/16 méretű próbatesteken, az Amsler-félével pedig 10/10/50 cm méretű hasábokon végeztettek mérések. Ezenkívül a laboratórium műhelyében előállított kisebb Amsler-rendszerű készülékkel 4/4/16 cm méretű próbatesteken is végeztettek összehasonlító mérések. A mérések száma  $203 + 471 = 674$ . A kétféle műszerrel mért zsugorodások közt csak lényegtelen eltérések mutatkoztak, jöllehet a Leitz-féle komparátorral a próbatest felületén, az Amsler-készülékkel pedig a próbatest tengelyében történt a mérés (8. ábra).

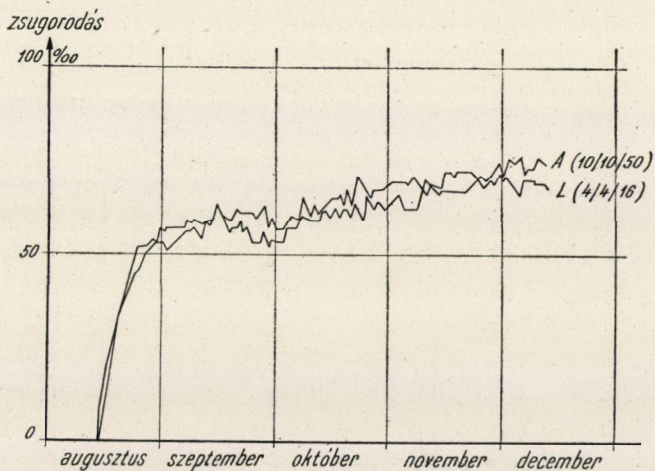
A betontestek zsugorodása természetesen még kisebb, mint a habarcs-testeké. Ez esetben már a trasz-cementtel készült testek zsugorodása sem ugrik annyira ki, jöllehet a négy cement közül azért a legnagyobb mértékű (9. ábra). Kéthónapos korban a bauxitcementtel készült próbatestek zsugorodása méterenként 0,2 mm, a trasz-cementtel készülteké pedig 0,264 mm, 32%-kal nagyobb. A betontestek zsugorodása három hó után csak lényegtelenül fokozódott.

A beton nagyobb mérvű zsugorodása várható az ú. n. könnyű betonok esetében. A habarcs-testek zsugorodásának mérésével kapcsolatban megállapított egy könnyű beton zsugorodása is, mely a trasz-cementtel készült habarcs-testek zsugorodásánál is nagyobbak bizonyult és egyéves korban méterenként 1,1 mm volt (10. ábra).

Ezen — hazánkban első rendszeres — klímakamrában végzett zsugorodási kísérletek eredményeit összefoglalva a péptestekkel végzett kísérletek azt mutatják, hogy a cementjeink zsugorodása különböző mértékű. A szóbanforgó kísérletek szerint legkevésbé zsugorodott a bélapátfalvi cement, legnagyobb mértékben a trasz-cement és a fehércement. A többi ötfajta cement (lábatlani, S54, MÁK, bauxit és szigma) zsugorodása közt nagyobb különbség nem mutatkozott. A bélapátfalvi cement zsugorodásának javarésze rövid idő alatt folyt le úgy, hogy a zsugorodása idővel alig nőtt.

Az állandó 20 C°-os hőmérsékletű vízben tárolt péptestek közül a trasz-cementtel és a bélapátfalvai cementtel készített cementpéptestek duzzadtak a legjobban. És külön is kiemelendő, hogy az első héten a többihez képest igen nagy volt a duzzadásuk. Ez a körülmény bizonyos mérvű előfeszítést jelent, miután nyomófeszültségek keletkezését idézi elő s így a repedésmentesség biztosítása szempontjából gyakorlatilag is hasznosítható.

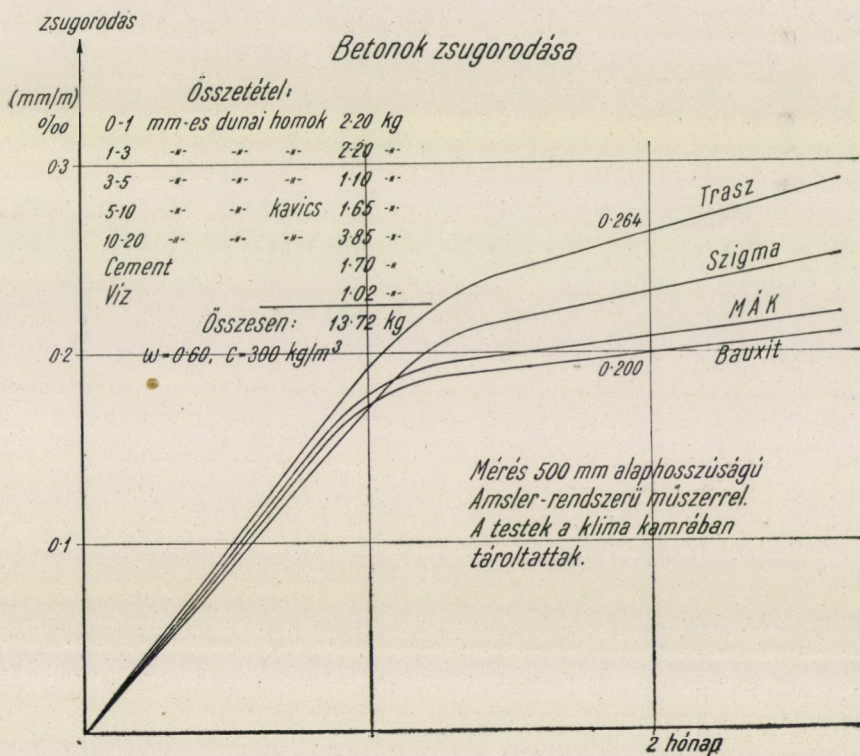
A habarcs-testekkel végzett kísérletek azt mutatták, hogy a trasz-cement kivételével az összes többi cement kb. egyforma zsugorodást okoz, ami összefügg



Összehasonlító mérések Leitz-és Amster-féle mérőberendezésekkel.

(Péptestek, Belapátfalva p.c. 28% víz.)

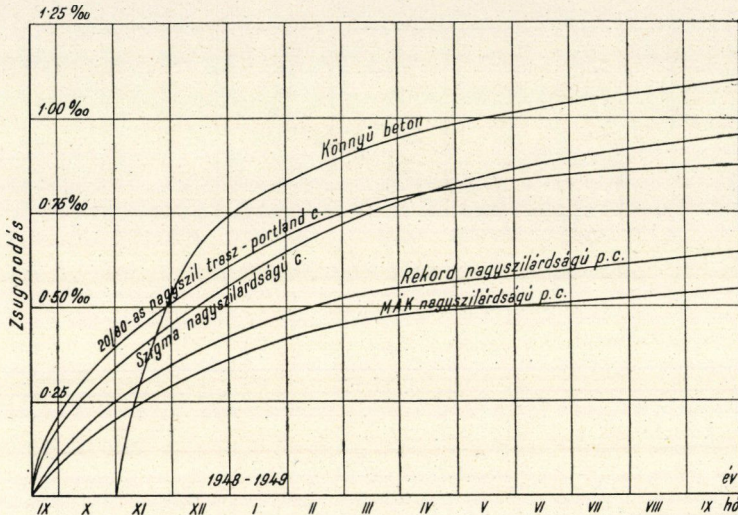
8. ábra.



9. ábra.

azzal, hogy a habarcsban a víz és a cement súlya az egész próbatest súlyához képest már olyan kicsiny, hogy a cementeknek a pépekben megnyilvánuló különböző mértékű hatása nem érvényesül.

A változó vízcementtényezőjű habarcsokkal végzett kísérletek szerint a 0,7—0,8 vízcementtényező esetében a zsugorodás 50%-kal nagyobb, mint



10. ábra.

0,3 vízcementtényező mellett. A betontestekkel végzett kísérletek várható eredménye volt az, hogy a zsugorodások még kisebbek voltak, mint a habarcs-esteké. Kéthónapos korban a bauxit- és MÁK portlandcementtel készített testek zsugorodása méterenként 0,21 mm volt, ami elég kis érték.

A szóbanforgó kísérleti eredmény értékei csak azon feltételek mellett érvényesek, melyek közt a próbatestek készültek. Amint a cementminőség és mennyiség, a víztartalom, az adalékanyag szemszerkezete, a bedöngölés módja megváltozik, változni fog a zsugorodás mértéke is. A szóbanforgó kísérletek eredményei iránytmutató értékek, melyek magukban nem általánosíthatók. Azonban ezen kísérletekből bizonyos megállapítások tehetők. Így kitűnt, hogy a trasz cement zsugorodása jóval felülmúlja a többiekét. Alkalmazása tehát nem ajánlatos ott, ahol fontos a repedésmentesség. Az S54. jelű cement — dacára, hogy Ferrari-típusú cement — nem mutatott rendkívül kis zsugorodást, hanem csak normálisat. Viszont a MÁK portlandcement normális zsugorodásúnak bizonyult, pedig a gyakorlatban sokszor erősen zsugorodónak minősítették.

Egyik vizsgálat szerint az u. n. könnyűbetonnak zsugorodása igen nagy volt, egyéves korban elért méterenként 1,1 mm-t.

Mindenesetre örvendetes, hogy most már módunkban van megfelelő zsugorodási vizsgálatokat itthon is elvégezni, meg van hozzá a berendezés és rendelkezésre állanak megfelelő dolgozó káderek. Az előregyártás és az előrefeszítés erőteljes fejlődése, könnyűbeton készítése, új cementek bevezetése szükségessé fogja tenni zsugorodási vizsgálatok végzését.

## II. Gőzölési vizsgálatok

Az előregyártott és az előrefeszített beton- és vasbetonszerkezetek állandóan napirenden tartják a nagy kezdő szilárdságú beton kérdését. Freyssinet eredeti eljárása szerint a nagy kezdő szilárdság biztosításának fő tényezői az optimális szemszerkezetű adalékanyag, a kellő vibrálás, a fölösleges víznek nagy nyomás segítségével való eltávolítása és 100 C°-os vízgőzzel való kezelés.

Újabban, különösen téli építkezésekkel kapcsolatban nálunk is kezdtek az építőgyakorlatban próbálkozni gőzöléssel és így fölmerült a szüksége a rendszeres gőzölési kísérleteknek.

A feladat volt megvizsgálni, hogy a különböző cementek esetében mekkora a célszerű gőzölési hőfok, mennyi a célszerű fölfűtés és a gőzölés időtartama. Fontos kérdés volt annak megvizsgálása, hogy a gőzöléssel 1—2 napos korban elérhető nagyobb kezdeti nyomószilárdság mellett nem fog-e a szilárdulás üteme később nagyon meglassulni úgy, hogy a gőzölt test nyomószilárdsága kisebb lesz, mint a gőzöletlené.

A következő cementekkel végeztek kísérletek: MÁK p. c., MÁK salakcement (30% és 70% kohósalak), S54 cement, bélapátfalvi p. c. és fehér-cement, selypi traszportlandcement, beremendi p. c. 7,07 cm élhosszúságú kockák készültek (2400 db). Cement m<sup>3</sup>-ként 530—550 kg. Adalékanyag dunai homokos kavicsból állítottatott elő a Bolomey-görbének megfelelő szemszerkezettel. A legnagyobb szemnagyság 10 mm. A vízcementtényező 0,31—0,33. A bedolgozás gépi uton történt 100 ütéssel.

A gőzölés a víznek a cementtel való érintkezésétől számítva 5—6,5 óra múltán kezdődött. A gőzölési hőfok 60 C° volt, a 11. ábra cementjei esetében 65 C°.

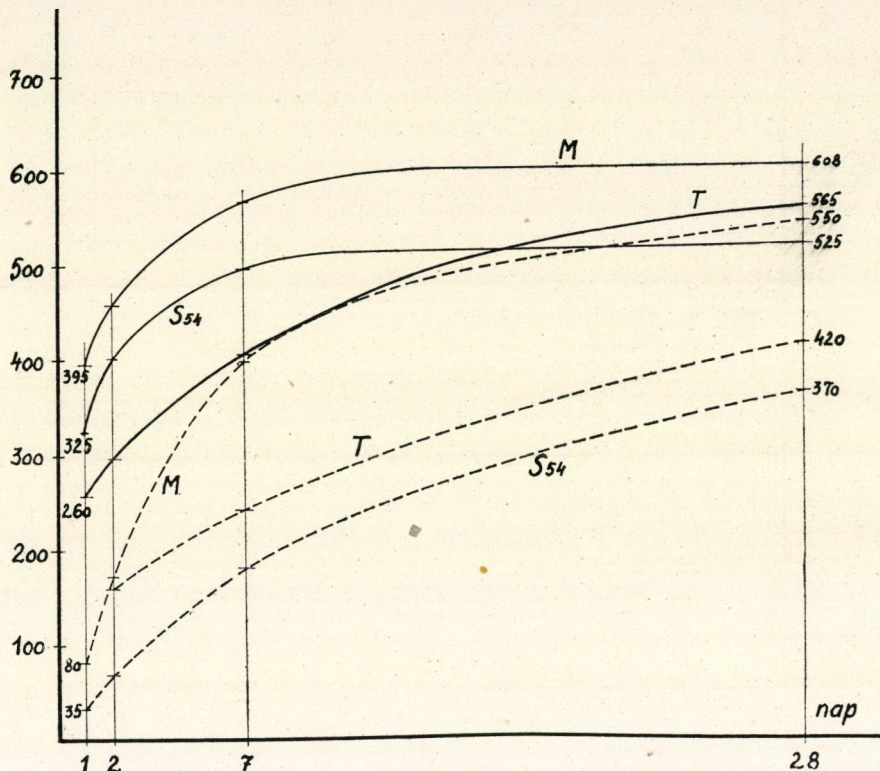
Az összehasonlítás céljára párhuzamosan készültek gőzölt és gőzöletlen próbatestek, mely utóbbiak egy hétig nedvesen tartattak és utána szobalevegőn tároltattak. A gőzölés folytán már 15—20 órás korban a gőzölt testek nyomószilárdsága számottevően nagyobb, mint a gőzöletlen testeké.

Több esetben egynapos korban már igen jelentékeny szilárdságnövekedés volt megállapítható.

Így a MÁK-cement és az S54 j. cement különösen nagy kezdeti nyomószilárdságot biztosított. A gőzölt testek egynapos szilárdsága 395 és 325 kg/cm<sup>2</sup> volt

a gőzöletlen testek 80 és 35 kg/cm<sup>2</sup> nyomószilárdságával szemben. Ezen egynapos gőzöléssel elért nagy szilárdságok a gőzöletlen testek 28 napos nyomószilárdságának 72 és 88%-át teszik ki.

A gőzölés iniciálta intenzív vegyi folyamat — hasonlóan, mint a bauxit-cement esetében — igen nagy nyomószilárdság-növekedést eredményezett.

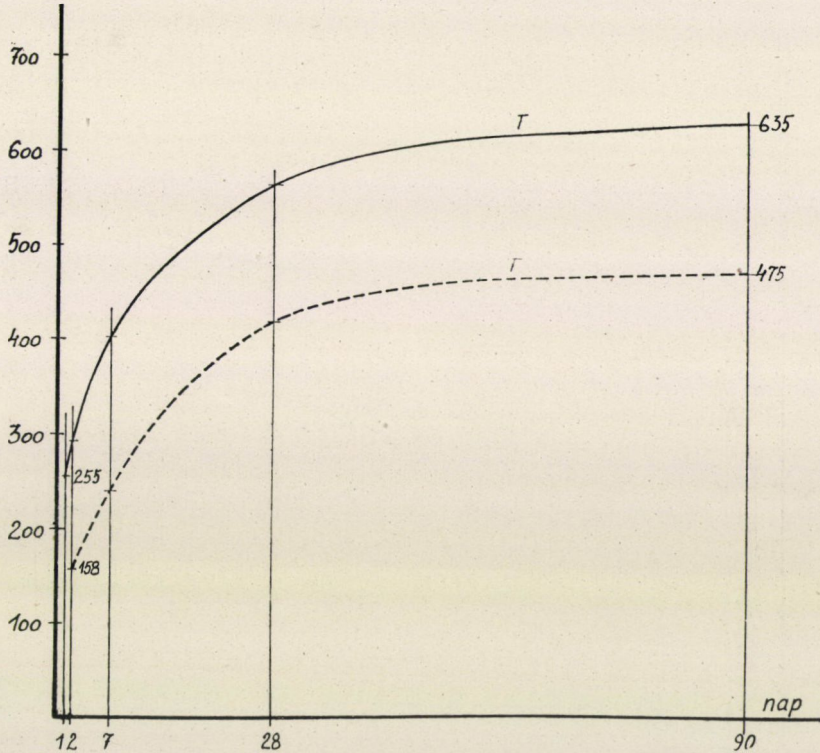


11. ábra. Teljes vonal a gőzölt, szagatott vonal a gőzöletlen.

Sajnos azonban, hogy a gőzölés révén elért szilárdságnövekedés nem mutatkozik állandónak, hanem csak egy bizonyos időre terjed ki. Amint a 11. ábrán látható, a MÁK-cement és az S54 cement görbéi erősen konvergálnak, továbbá a MÁK-cementtel készült gőzölt és gőzöletlen próbatestek 28 napos szilárdsága közt már nem nagy a különbség (608 és 550 kg/cm<sup>2</sup>).

A trasz cement e tekintetben sokkal előnyösebben viselkedik, 1—2 napos korban a gőzölés révén elért szilárdságnövekedés nem olyan rohamos mértékű, mint a MÁK és az S54 cement esetében, azonban a szilárdsági görbéi még 90 napos korban is majdnem párhuzamosan futnak (12. ábra). Ez esetben úgy látszik, hogy a gőzölés révén állandó jellegű szilárdságnövekedés áll elő.

A többi vizsgált cement esetében a gőzölés eredménye nem volt kielégítő. Így egy MÁK és egy bélapátfalvi cement 1—2 napos korban nagy nyomószilárdságot biztosított ugyan, azonban a gőzölt testek nyomószilárdsága 28 napos korban alig nagyobb vagy még kisebb volt, mint a gőzöletleneké és a nyomószilárdságot ábrázoló görbék erősen konvergálnak (13. ábra). Ez esetben



12. ábra.

tehát a gőzölés hátrányos, mert a szilárdság csökkenésére vezet. Ez volt tapasztalható egy traszportlandcement esetében is. Hasonlóan kedvezőtlen eredményeket adtak a 14. ábrán feltüntetett cementek is. A gőzölt testek szilárdsága 1—2 napos korban nem sokkal nagyobb, mint a gőzöletleneké. A beremendi cementtel készült testek kb. 7 napos kortól kezdve gőzölve kisebb nyomószilárdságot mutattak, mint a gőzöletlenek.

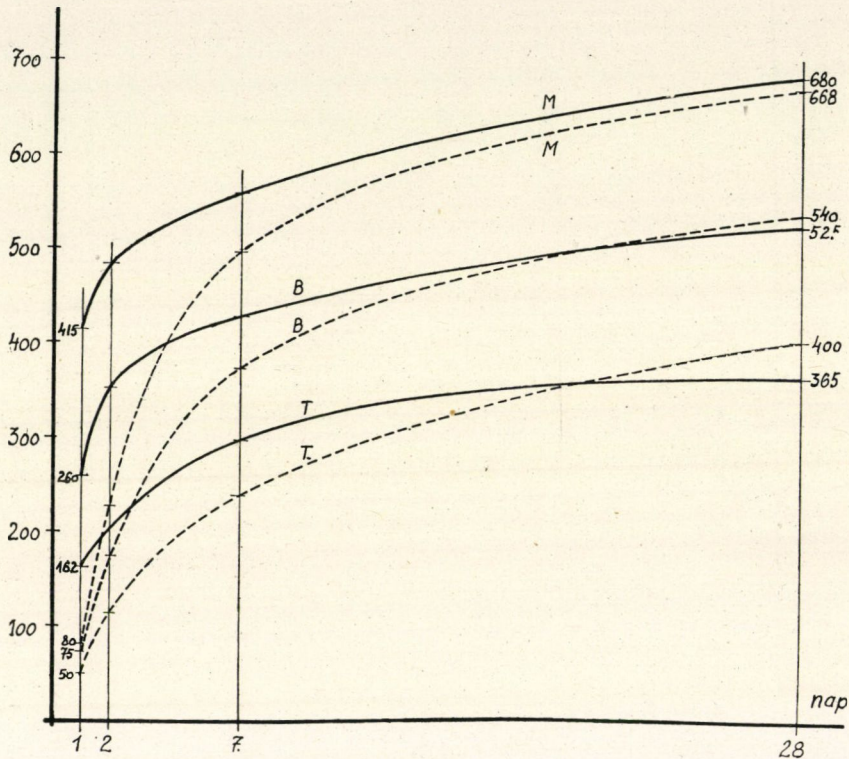
A salakcementekre pedig a gőzölésnek a 15. ábra szerint, mondhatni nem volt hatása.

Ilykép cementjeink gőzölés szempontjából igen különbözően viselkednek.

Több cement, mint pl. a MÁK, az S54 jelű, a traszportlandcement egyes esetekben jól reagált a gőzölésre és 1—2 napos korban nagy kezdőszilárdság jelentkezik a gőzöletlenhez képest. Ezen körülmény igen jelentős építési szem-

pontból, mert lehetővé teszi a betonépítmény mintadeszkázatnak és állványainak 1—2 nap multán való eltávolítását és nagy előnyt jelent az előregyártás, az előrefeszítés, valamint a téli betonozás szempontjából is.

Azonban nem lehet figyelmen kívül hagyni a gőzölésnek azon káros hatását, mely 28 nap vagy későbbi időben esetleg a beton szilárdságának csökkenésében



13. ábra.

jelentkezik. Ezért betontestekkel végzett további kísérletekre van szükség, hogy ezen kérdésben tisztán lehessen látni.

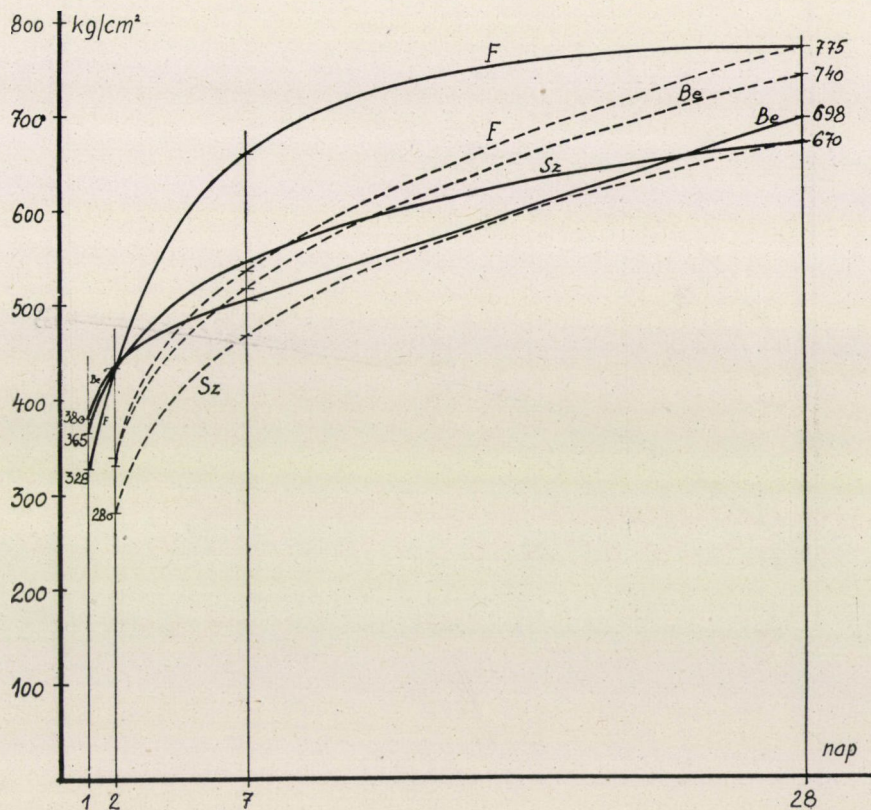
A szóbanforgó kísérletek szerint a különböző cementek esetében a gőzölés célszerű hőfoka 60—90 C° közt változott. A felfűtés célszerű időtartama 2—2,5 óra, a gőzölés 8—10 óra és a lehűtés 2 óra. Mindezen kísérletek eredményei természetesen nem általánosíthatók és a nyert értékek bizonyos iránytmutató számokként kezelhetők.

### III. A beton és a vékony acélhuzal közti felületi kötés vizsgálására szolgáló kihúzási kísérletek.

Az előrefeszített vasbetétes vasbetonszerkezetek létesítéséhez igen nagy szilárdságú — 1-5-6 mm átmérőjű — acélhuzalokra van szükség. Ezek elő-



állítására ú. n. patentírozó eljárás útján eszközölhető, mely szerint a 0,35—1% széntartalmú acélt 900—1000 C°-os hőkezelésnek vetik alá és utána 450—550 C°-os ólom- vagy sós-fürdőben hűtik le. Az ily módon kezelt anyagból hideg húzás útján állítják elő a vékony acélhuzalokat, melyek felülete rendkívül tömör, igen síma. Ezért hajlított vasbetontartók esetében az acélhuzalok elcsúszásának veszélye forog fenn. A zürichi anyagvizsgáló intézet nagyszabású vizsgálatai szerint 2 mm átmérőig a síma acélhuzal még megfelelő, ellenben nagyobb átmérőjű acélhuzal már nagymértékben csúszik. Ezért a 2 mm-nél



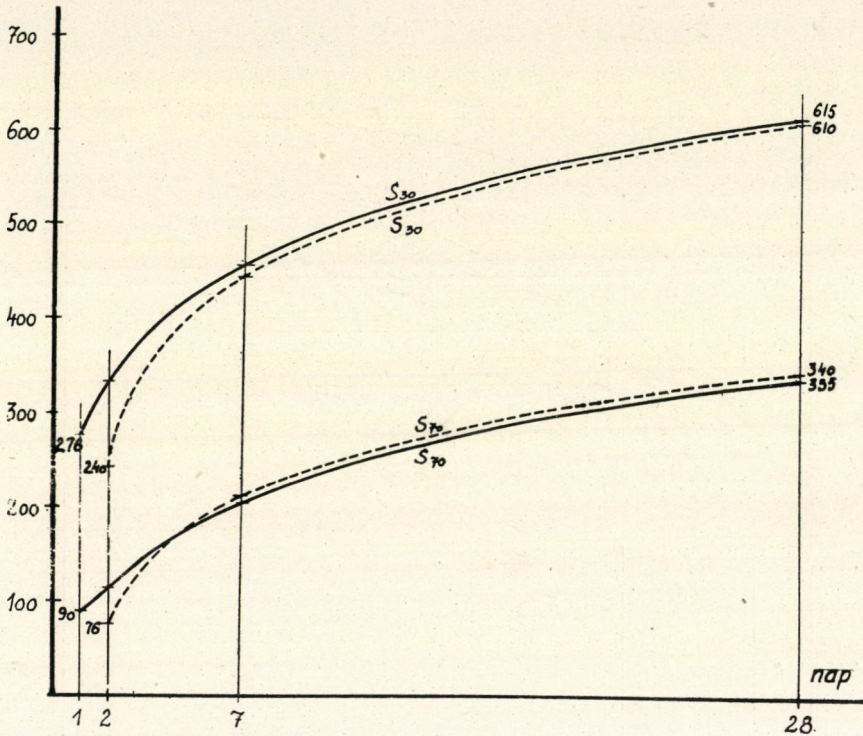
14. ábra.

nagyobb átmérőjű vasbetét síma felületét bütykök, rovátkolás vagy bemélyedések révén érdesíteni kell. Egy külön módja az elcsúszás elleni biztosításnak az acélhuzal hullámosítása, melyet nálunk az előrefeszített vasbetétes vasbetonaljak, valamint előrefeszített vasbetétes közúti hídfőtartók készítése során alkalmaztak.

Ilyen hullámosított acélhuzalok viselkedését illetően a rendelkezésre álló külföldi irodalomban sem találhatók adatok, ezért szükségessé vált ilyen hullá-

mosított acélhuzalok elcsúszási viszonyainak tanulmányozása. A kísérletek 5 mm átmérőjű acélhuzalokkal végeztettek, három csoportban. Az »A« csoportban síma acélhuzal, a »B« csoportban hullámosított, a »C« csoportban előre-feszített hullámosított acélhuzal szerepelt.

A kihúzási kísérletek 15/15 keresztmetszetű betonhasábokon végeztettek, melyek hossza 10—70 cm közt változott. Egy sorozatban 12 próbatest szerepelt.



15. ábra.

1 m<sup>3</sup> kész betonban 450 kg tatabi portlandcement volt. Az adalékanyag szem-összetétele a következő volt:

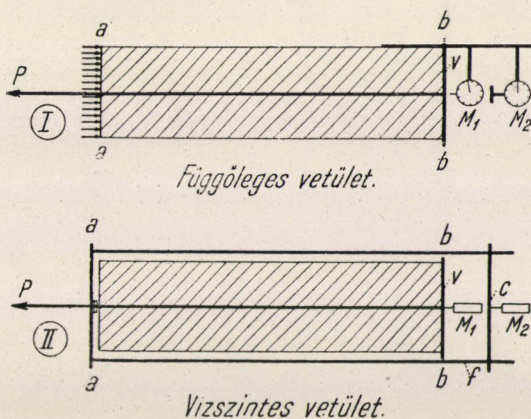
0—0,5 mm	.....	3,9	súlyszázalék
0,5—1 mm	.....	3,2	«
1—3 mm	.....	12,9	«
3—5 mm	.....	13	«
5—10 mm	.....	35	«
10—15 mm	.....	32	«

A vízcementtényező 0,35. A nedves keverék vibrálással dolgoztatott be. Térfogatsúly m<sup>3</sup>-ként 2393 kg. A beton kockaszilárdsága 58—70 napos korban átlag 534 kg/cm<sup>2</sup>. A próbatestek augusztusban készültek. Az 5 mm-es acélhuzal

húzószilárdsága átlagban  $14\,400\text{ kg/cm}^2$ , a rugalmassági modulusa  $1\,800\,000\text{ kg/cm}^2$ . A hullámosított acélhuzal hullámainak hossza  $7,7\text{ cm}$ , a hullám magassága  $3\text{--}3,5\text{ mm}$ .

Az acélhuzal a próbatest közepén foglalt helyet (16. és 17. ábra).

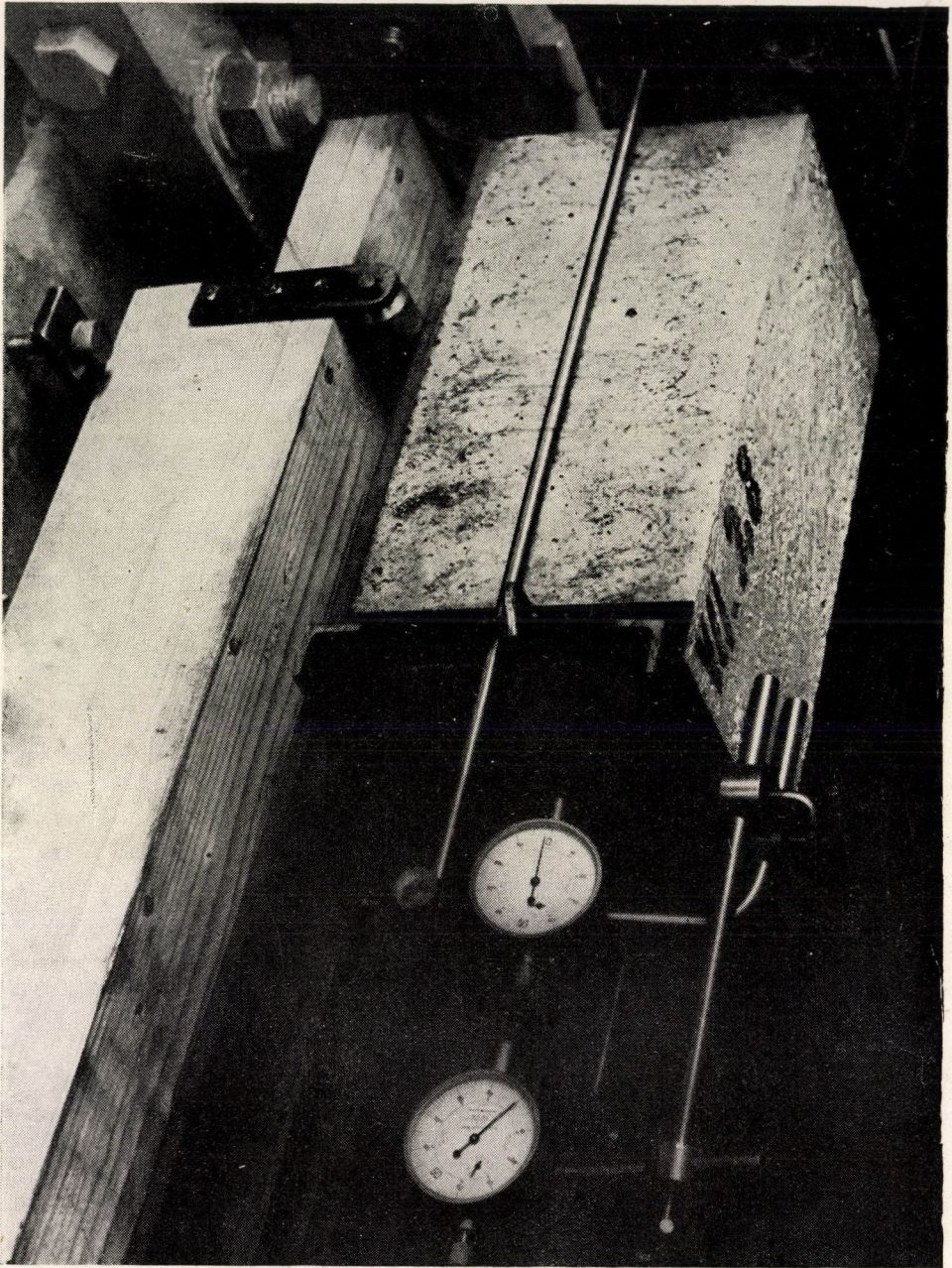
A kihúzó kísérlet a vasbetétek előrefeszítésére szolgáló feszítőpadon történt, melyet a Magyar Tudományos Akadémia segítségével szereztünk be.



16. ábra.

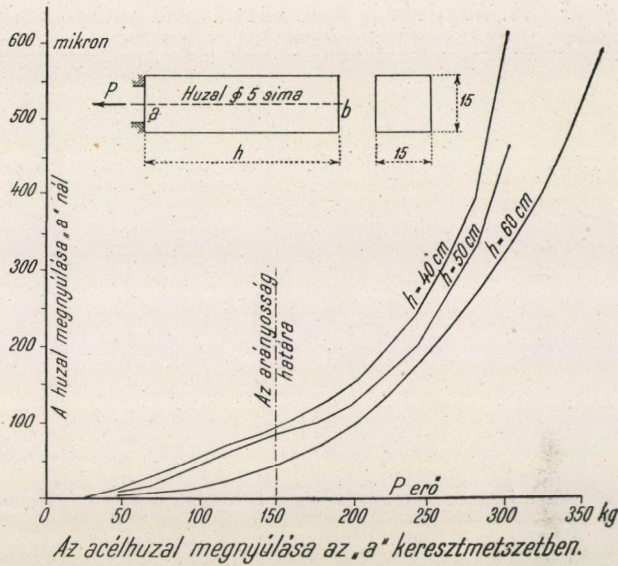
A próbatest egyik oldalán nekifeküdt a feszítőpad fix keretéhez. A kihúzás során az acélhuzal betorkolási  $a$  keresztmetszetének, valamint a  $b$  vég-keresztmetszetének elmozdulása észleltetett mérőórák segítségével, melyek a hasáb  $b$  végen alkalmazott vaskerethez rögzítettek (I. ábra »v«). Az acélhuzal  $b$  keresztmetszetének elmozdulását az egyik mérőórán ( $M_1$ ) közvetlenül lehetett mérni, amennyiben a mérőóra mozgópecke az acélhuzal símára csiszolt végkeresztmetszetével érintkezett. Az acélhuzal  $a$  keresztmetszetének mozgása pedig egy fémkeret ( $f$ ) segítségével (II. ábra) volt mérhető, amely egy pecek és csavar segítségével rögzítettett az acélhuzal  $a$  keresztmetszetéhez. A másik végén pedig a fémkeret középső  $c$  pontjával érintkezett a mérőóra ( $M_2$ ) nyelve. A kihúzás során a betorkolási  $a$  keresztmetszetben észlelhető először elmozdulás (18. ábra), mely a kihúzó erő növelésével fokozatosan nagyobbodik és halad a  $b$  végkeresztmetszet felé úgy, hogy egy bizonyos  $P_1$  erőnél már a  $b$  keresztmetszeten is észlelhető elmozdulás, melyet a mérőóra megindulása pontosan jelez.

A síma acélhuzal  $P_1$ -nél kisebb  $P_2$  erőnél már teljesen kihúzható (19. ábra,  $A P_1$  és  $A P_2$ ), ellenben a hullámosított acélhuzal esetében a  $P_1$  erő tovább növelhető, miután a hullám a kihúzással szemben tetemes ellenállást biztosít. A hullámosított acélhuzalok rövidebb bebetonozási hosszúság mellett is egy bizonyos  $P_2$  erőnél kihúzódik, mely azonban jóval nagyobb, mint  $P_1$  (19. ábra).

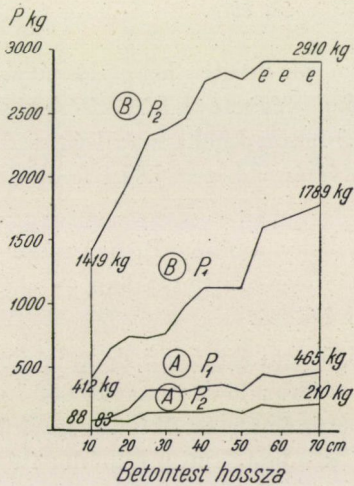


17. ábra.

A »B« csoportban pedig 55, 60 és 70 cm betonozási hosszúság mellett olyan nagy volt már a beton és az acélhuzalok közötti felületi kötés, hogy az acélhuzal elszakadt.

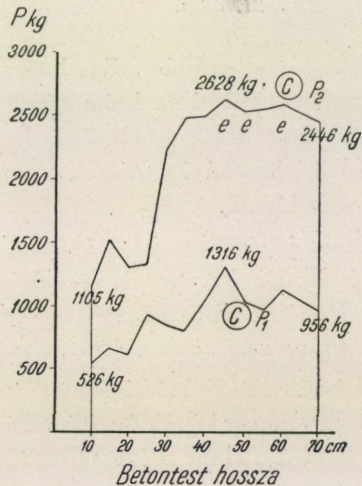


18. ábra.



- (A) 5 mm-es sima acélhuzal.
- (B) 5 mm-es hullámosított acélhuzal.

19. ábra.

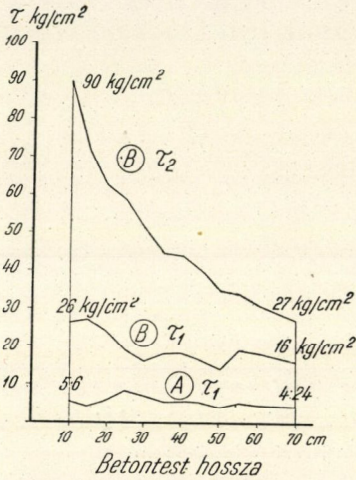


- (C) Előrefeszített és hullámosított 5 mm-es acélhuzal.

20. ábra.

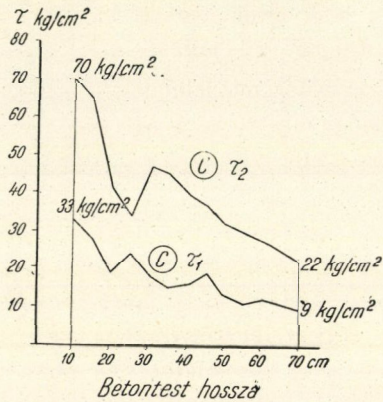
Sorra véve a három kísérlet-csoportot, a sima vasbetét (*A*-csoport) rendkívül kis ellenállást mutatott a kihúzással szemben.

A  $P_1$  erő 88 és 465 kg, a  $P_2$  erő pedig 83 és 210 kg közt változott (19. ábra,  $AP_1$  és  $AP_2$ ). Egyenletesen megoszlanak feltételezett felületi kötés értéke pedig átlagban  $5,3 \text{ kg/cm}^2$  (21. ábra  $A\tau_1$ ), ami közvetlenül mutatja a patentírozott acélhuzal felületének rendkívül simaságát és ennek folytán a kihúzással szemben



- (A) 5 mm-es sima acélhuzal.  
(B) 5 mm-es hullámosított acélhuzal.

21. ábra.



- (C) Előrefeszített és hullámosított 5 mm-es acélhuzal.

22. ábra.

való rendkívül kis ellenállást. Ezzel szemben pl. rendes hengerlés útján előállított nagyszilárdságú sima krómacélvasakkal végzett kihúzó kísérlet szerint 16 mm átmérőjű vasbetét és kb.  $330 \text{ kg/cm}^2$  beton kockaszilárdság, valamint 40 cm betonozási hosszúság mellett a vasbetét és a beton közti felületi kötés  $31,4 \text{ kg/cm}^2$ -re adódott.

Egy másik jellegzetes jelenség volt az, hogy amidőn  $P_1$  nagyságú húzóerőnél az acélhuzal a *b* végen is — tehát már egészen hosszában — csúszott, az acélhuzal  $P_1$ -nél kisebb erővel is ki volt húzható.

A második kísérletcsoport (*B*) ugyancsak 5 mm átmérőjű, de hullámosított acélhuzallal készült. A kihúzó kísérlet előtt az acélhuzalok egyszer  $10\,000 \text{ kg/cm}^2$  húzást okozó erővel meg lettek feszítve. Szembetűnő az a rendkívül nagy különbség a kihúzó erőben a sima acélhuzal esetével szemben, ami a hullámosítás közvetlen eredménye.

Fontos jelenség az, hogy midőn a kihúzó erő elérte a  $P_1$  értéket, — melynél már a *b* keresztmetszet elcsúszását is észlelni lehetett — a húzóerőt még tovább is számottevően növelni sikerült  $P_2$  értékig, midőn azután az acélhuzal kihúzó-

dott vagy elszakadt. A  $P_1$  erő 412 és 1789 kg, a  $P_2$  erő pedig 1419 és 2910 kg közt változott, az 55, 60 és 70 cm bebetonozási hosszúság mellett pedig az acélhuzal elszakadt (19. ábra  $BP_1$  és  $B P_2$ ). Eszerint tehát 55—70 cm bebetonozási hosszúság mellett már akkora volt a felületi ellenállás, hogy a húzóerő az acélhuzal szakadásáig volt fokozható.

Az acélhuzal mozgása nem volt folyamatos, hanem bizonyos erőnövelés után csúszott meg egy keveset és a  $b$  keresztmetszet csúszása nélkül a húzóerő tovább növelhető volt. Amidőn nagyobb erőnél jelentkezett ilyen időszakos csúszás, azt hang is kísérte.

A  $P_2$  és  $P_1$  erők közötti különbség mutatja a súrlódás és a hullámosítás biztosította nagy ellenállást a kihúzással szemben.

A  $P_1$  erőknek megfelelőleg a felületi ellenállás 26—16 kg/cm<sup>2</sup> a  $P_2$  erőknek megfelelőleg pedig 90 és 27 kg/cm<sup>2</sup> közt mozgott (21. ábra.  $B, \tau_1$  és  $B, \tau_2$ ).

A harmadik kísérletcsoportba az 5 mm-es hullámosított acélhuzal cm<sup>2</sup>-ként 10 000 kg feszültségig elő lett feszítve. A megfeszítés után készült el a beton és hétnapos korban a megfeszítést megszüntették, amikor is a betonhasáb az acélhuzalnak eredeti hosszát visszanyerni akaró törekvése folytán mesterségesen nyomást szenvedett. A kihúzó kísérleti eredmények lényegileg hasonlóak a második csoportéhoz. A  $P_1$  erők 526 és 1316, a  $P_2$  erők pedig 1105 és 2628 közt változtak és a 45, 50 valamint 60 cm bebetonozási hosszúság esetében az acélhuzal elszakadt (20. ábra  $C_1 P_1$  és  $C P_2$ ). A megfelelő felületi ellenállás értéke 33 és 9, illetőleg 70 és 22 kg/cm<sup>2</sup> volt (22. ábra,  $C \tau_1, C \tau_2$ ).

A  $P_2$  és  $P_1$  erők közt ez esetben is nagy a különbség. Viszont feltűnő, hogy a  $P_1$  és  $P_2$  húzóerők kisebbek, mint a második csoport hasonló erői, jöellehet az előrefeszítés révén kisebb elmozdulások, nagyobb kihúzó erők voltak várhatók. Ezen jelenség egyik oka abban kereshető, hogy a második csoport betonhasábjai 58—70 naposak voltak a kihúzó kísérletkor, míg a harmadik csoportéi csak hétnaposak. A beton szilárdulásakor keletkező összeszorító hatás az acélhuzalra — a harmadik csoport esetében — nyilván jóval kisebb lehetett. Ezenkívül lehetséges, hogy a tartós — hétnapos — előfeszítés folytán az acélhuzalok hullámai kismértékben kiegyenesedtek. Megjegyzendő, hogy sem a második, sem a harmadik csoport betontestjein repedések nem voltak észlelhetők.

Ezen kísérletek azt mutatták, hogy 5 mm-es sima patentírozott acélhuzalok csúszás szempontjából nem megfelelők.

Ezen kísérletek fontos gyakorlati eredménye az, hogy a hullámosítás az 5 mm-es acélhuzaloknak ellenállását a kihúzással szemben megfelelően megnöveli. Ezen eredményt előrefeszített vasbetétes közúti hídfőtartók készítésekor a Közúti Hídfenntartó Vállalat már hasznosította is.

A kísérleteket mindenesetre még folytatni kell 70 cm-nél nagyobb bebetonozási hosszakkal, keresve azon hosszúságot, melynél az acélhuzal elszakad, mielőtt a »b« végen elmozdulás lenne észlelhető. Az előrefeszítés megszüntetése-

kor nem lehetett észlelni az acélhuzalnak befelé, a betonba való becsúszását, mit szintén tanulmányozni kellene. Nemkülönbén szükség volna kifáradási kísérletekre is.

Az ismertetett kísérletek a Magyar Tudományos Tanács, illetőleg a Magyar Tudományos Akadémia támogatásával voltak csak elvégezhetőek, amiért is legnagyobb hálánknak kell kifejezést adnunk.

Bizonyságai ezen kísérletek a szocializmus alkotó szellemének, mely nagyra becsüli a kutatómunkát és azt a legnagyobb mértékben elő is segíti.

Ezen nagyszámú kísérlet végrehajtása önfeláldozó munkát igényelt. Legyen szabad ezért dr. Schwertner Antal egyetemi magántanárnak, Földeák Árpád adjunktusnak, Richter Antal intézeti tanárnak, Lipták János, Telekes György és Mohay Kálmán tanársegédeknek, valamint a laboránsoknak nagy munkájukért a legmelegebb köszönetemet kifejeznem.



# MIKROFOTOGRAFÁLÁS TEKERCSEFILMRE ÉS KISFILMRE

DIEBOLD KÁROLY

*Beérkezett 1951. június 15.*

A fényképezés hatalmas fejlődése az elmúlt 30 esztendőben a legkülönbözőbb precíziós fényképezőgépeket dobta a piacra, egyre kisebb és kisebb negatív méretekkel. A legújabb modellekben használatos felvételi anyag már szinte kizárólag a tekercsfilm és a perforált mozifilm.

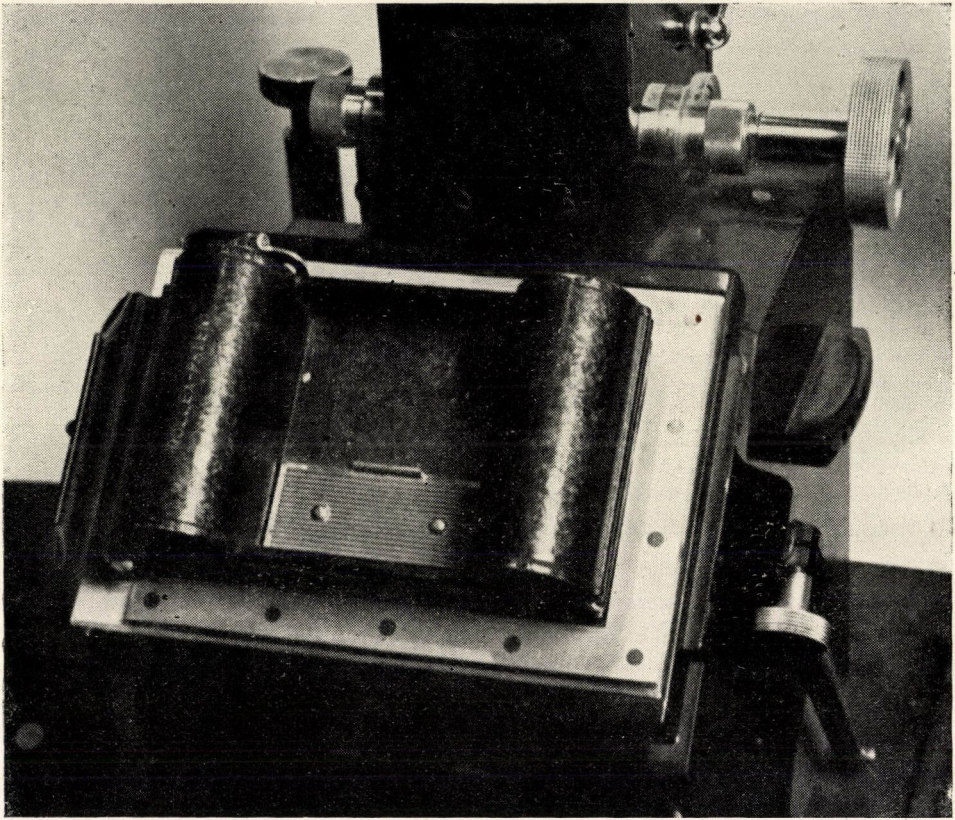
Hogy a fejlődés ilyen irányban történt és a negatív anyagok használatában az üveglemezeztől mindinkább eltávolodtunk, ennek két oka van. Egyik az, hogy a kisebb méretű film olcsóbb, mint a nagy üveglemez, másik oka, hogy a filmmel dolgozó gépek gyorsabban és egyszerűbben kezelhetők, mint a lemezesek.

A film térhódítását a modern mikrofotografáló berendezéseink készítőinek is figyelembe kellett venni. Rendszerint lemezre alkalmas megoldást használnak, mikroszkópba beépített, többnyire  $9 \times 12$  méretű kamarában. A filmes készülékek alkalmazását azáltal teszik lehetővé, hogy a mikroszkóptestből prizma vagy tükör közbeiktatásával egy tubuscsonkot ágaztatnak ki. Az okulárral felszerelt fényképezőgéphez csatlakozik.

Mikrofotografiai szempontból bennünket elsősorban az érdekel, hogyan készíthetjük el felvételünket úgy, hogy az éles és minden egyéb követelménynek megfelelő legyen. A kérdés tehát az, hogy a kis filmre készített felvétel  $6 \times 9$  vagy  $9 \times 12$  méretre felnagyítva van-e olyan jó, mint a  $6 \times 9$  vagy  $9 \times 12$  lemezről készített közvetlen másolat. Ha igen, akkor viszont a filmre való fényképezés előnyeit a gazdaságos és gyors munkára való tekintettel érdemes hasznosítani és a lemezre való fényképezést mellőzni. A kérdésre igennel felelhetünk, ha betartjuk azokat a technikai feltételeket, amelyeket a kisfilmre való fényképezés az anyag és előhívási mód megválasztása szempontjából megkövetel. Ezekről függ ugyanis a negatív szemcsézete és ennek finomságán áll, vagy bukik az egész kisfilmzés.

Foglalkozzunk legelőször a mikrofotografálás céljaira alkalmas készülékekkel.

A legegyszerűbb tekercsfilmes berendezés a tekercsfilm adapter (1. ábra). Ezt használják a  $6 \times 9$  méretű lemezes fényképezőgépekhez is, ha tekercsfilm akarnak dolgozni. A mikroszkópunkba beépített kamara lemeztartójába olyan betétlapot kell készíttetni, amelybe a tekercsfilm adaptert be lehet tolni. Az adapter helyére először egy homályos üveget teszünk, a képet azon élesre állítjuk éppúgy, mintha lemezre dolgoznánk. A beállítás után az adaptert az üveg

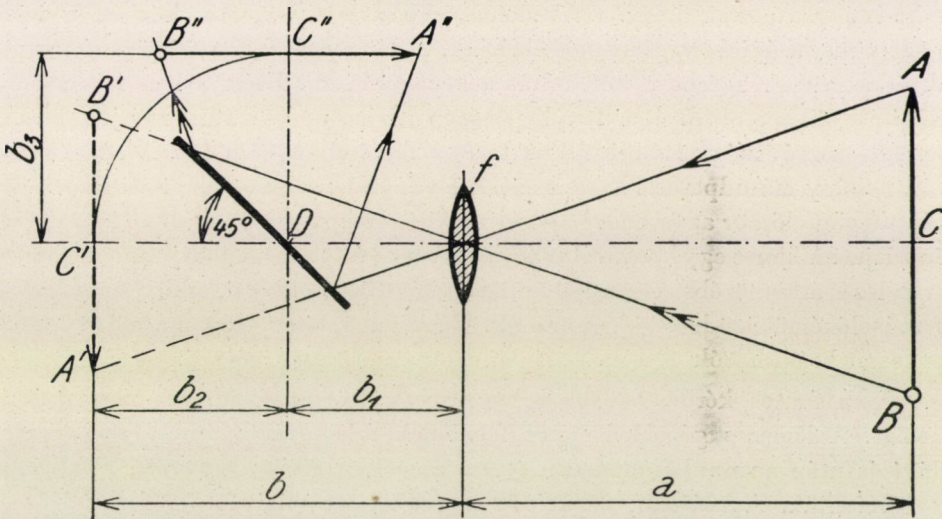


1. ábra.

helyére töljük és a felvételt elkészítjük. Megfelelő elosztóablakkal felszerelt adapterrel a  $6 \times 9$  méretű tekercsfilmre 16 db  $4,5 \times 6$  cm méretű felvétel készíthető, tehát gazdaságosság szempontjából már ez is előnyös, a munkát azonban még nem gyorsítja meg. A homályos üvegen minden felvételt külön be kell állítani. A homályos üvegnek és az adapternek állandó cserélgetése pedig éppen olyan időtrábló és kényelmetlen munka, mint a lemez használata.

A  $6 \times 6$  méretű tükörreflexes gépek a mikrofotografálás szempontjából sokkal célszerűbbek.

A tükörreflexes gépek működését a 2. ábrán tüntetjük fel. A gépbe  $45^\circ$  alatt hajló és vízszintes tengely körül felcsapodó tükör van beépítve, ami nor-



2. ábra.

mális állásban a felveendő tárgy képét a vízszintes homályos üvegre vetíti és az ott élesre beállítható. Az élesre állítás után a tükröt vízszintes helyzetbe hozzuk. Ezzel egyrészt felül fénymentesen elzárjuk a gépházat, és szabaddá tesszük az utat a fényérzékeny anyaghoz úgy, hogy a felvétel a zár kioldásával elkészíthető. A lefényképezendő tárgy  $AB$ .  $A'B'$  a fényérzékeny rétegen,  $A''B''$  pedig a homályos üvegen látható képe.  $f$  az objektív,  $a$  az  $AB$  tárgy távolsága az objektívtól,  $b$  a kép ( $A'B'$ ) távolsága az objektívtól.  $A'B'$  és  $A''B''$  képek nagysága egyezik, éppen úgy a  $b_2$  és  $b_3$  képtávolságok is.  $b_3 = b - b_1$ .

Az ilyen, egy objektívvel készített tükörreflexes fényképezőgépeket mind használhatjuk, csak objektívünket kell kicsavarnunk. Helyébe a tetszés szerinti kamara kihuzatnak megfelelő tubus közbeiktatásával a mikroszkóp

okulárisát szereljük. Az okulárist betöljük a mikroszkóp tubusába és a szabadon függő gépet megfelelően alátámasztjuk, hogy a zár kioldásakor ne rezegjen.

Megjegyzem, hogy a két objektíves Rolleiflex típusú tükörreflexes gépek mikrofotografálásra nem alkalmasak, mert külön kereső- és külön fényképező objektívjük van és az okulárist ezek helyébe nem tudjuk megfelelően elhelyezni.

A  $6 \times 6$  méretű tükörreflexes gépek  $6 \times 9$  tekercsfilm befogadására készülnek és egy tekercsre 12 felvétel készíthető, tehát üzemük elég gazdaságos. A teljesítményük azonban a lemezes berendezésénél sokkal nagyobb. Ez különösen akkor jut érvényre, ha felvételsorozatot kell készíteni.

Ha a gépet filmmel megtöltöttük és a mikroszkópon elhelyeztük, a felvétel elkészítése már egyszerű és gyors. A képet a mikroszkópcsavar segítségével a fényképezőgép tükrén élesre állítjuk és exponálunk. Ezt azonban soha sem szabad úgy végezni, hogy a fényképezőgép zárját világítás közben nyitjuk és azt a megvilágítás végén ismét elzárjuk. A zár nyitásakor a tükör is felcsapódik és a gépet rezgésbe hozza, tehát a kép elmozdul. Ezért a beállítás után a világítást kikapcsoljuk és a fényképezőgép zárját csak ezután nyitjuk ki. Az esetleges rezgés még sötétben folyik le és a felvételnek nem árt. A zár nyitása után néhány másodperccel bekapcsoljuk a világítást. A megvilágítási idő eltelte után megint először az áramot kapcsoljuk ki és ezután zárjuk csak a fényképezőgép zárját. A filmet egy kockával továbbcsavarva újra exponálhatjuk. A világítóberendezés áramkörébe célszerű olyan megvilágítóórát iktatni, amelyet a nagyító- és másolókészülékekhez is használnak. Ezek az órák  $\frac{1}{2}$ —60 másodperc időre pontosan beállíthatók és a megvilágítást automatikusan végzik.

Igen fontos kérdés továbbá, hogy mennyi ideig világítsuk meg negatívunkat. A lemezes gépekkel egyes felvételeket készítünk, amelyeket a megvilágítás után azonnal előhívhatunk. Ha a megvilágítás rossz volt, a felvételt megismételjük. A második negatívot a gyakorlott mikrofotografus már alig hibázza el. Ez az eljárás a filmre fényképezéskor nem követhető. A filmen 12 felvétel van, amelyet egyszerre kell előhívni. Egyes szakemberek azt ajánlják, hogy minden csiszolatról legalább három felvételt készítsünk, egyet becsleszerinti megvilágítási idővel, egyet annak felével, egyet pedig a kétszeresével. Ilyenkor remény van arra, hogy a három közül egyik felvétel jó lesz. Ez a módszer azonban nagy anyagpazarlást jelent. A felvételek ugyan gyorsan készülnek, mert a film továbbítása a tükrön csak pillanatokig tart, de a film  $\frac{2}{3}$  része elvész.

A helyes megvilágítási időt alkalmas megvilágításmérő műszerrel kell megállapítani. Erre a célra igen alkalmasnak bizonyult pl. a hazai gyártmányú Gamma fotocellás megvilágításmérő, amivel egészen pontosan mérhetünk. A fotocellás megvilágításmérőbe beépített fotocella a fény hatására a fény intenzitásával arányos elektromos áramot termel, amelynek a nagyságát érzékeny áramerősségmérő mutatója jelzi. A megfelelően kalibrált skálán a megvilágítási idő közvetlenül leolvasható.

A kereskedelemben kapható megvilágításmérőt azonban először a mikroszkóppal össze kell hangolni. Ez egy bemérés alapján történik úgy, hogy beállítunk egy csiszolatot és arról egy sorozatfelvételt készítünk. Ha becslésünk szerint kb. 4 másodperc megvilágítási idő lenne szükséges, akkor 1, 2, 4, 8, 16 másodperc megvilágítási idővel készítsünk egy-egy felvételt. A negatív előhívása után megállapítjuk, hogy az öt felvétel közül melyik a legjobb (ha a becslésünk helyes volt, akkor a négy másodperces). Ezután eltávolítjuk a mikroszkópról az okulárist és a fényképezőgépet és ezek helyébe a tubus végéhez megvilágításmérőnket illesztjük. A műszer fénycsökkentő kupakját ki kell nyitni, hogy a csiszolatról visszavert és a mikroszkópon áthaladó fény a fotocellát érhesse. Sajnos, olyan megvilágításmérőt a Gamma egyelőre nem készít, ami a mikroszkóp tubusára egyszerűen rátölthető lenne. A forgalomban lévő műszerek fotocellája szögletes, tehát a kör keresztmetszetű tubushoz illesztve az oldalról jövő fényt a kezünkkel, vagy egy fekete kendővel tartjuk fel, nehogy a mérés eredményét meghamisítsa. A világítás hatására a mérő mutatója kileng és a skálán leolvashatjuk, hogy a tárcsát a film érzékenységének megfelelően beállítva a négy másodperc megvilágítási idő milyen rekesznyílásnak felel meg. Ezzel már a bemérés meg is történt. Ha a fényrekesz 1 : 2-nek adódott, a továbbiakban bármilyen újabb mérést végzünk is, akár az objektív, akár a csiszolat változtatásával, mindig az 1 : 2 fényrekesz skáláján jelentkező megvilágítási időt kell exponálni. Ezek az adatok azonban csak arra az okulárisra vonatkoznak, amivel a bemérés történt, sőt a gép tubushosszát sem szabad változtatni. Ha akár az okulárist változtatjuk meg, akár a kihuzatot, akkor a leolvasott megvilágítási időt a megváltozott okuláris vagy megváltozott tubushossznak megfelelően helyesbíteniünk kell. Nem szabad figyelmen kívül hagyni, hogy a megvilágítási idő a nagyítás mértékének négyzetével arányos. Ha pl. a bemérés 8-szor okulárisal és 10 cm hosszú tubusban történt, 16-szor okuláris és 15 cm tubushossz esetén az okuláris kétszer nagyobb, tehát négyszer nagyobb megvilágítási időre van szükség. A tubus 1,5-ször hosszabb, tehát 2,25-ször növeli a megvilágítást. Összesen tehát az új körülmények között  $4 \times 4 \times 2,25 = 42$  másodperc lesz a megvilágítási idő.

Színszűrők alkalmazása esetén a megvilágítási időt természetesen a szűrő faktorának megfelelően kell meghosszabbítani.

A fotocellás megvilágításmérőkön kívül optikai rendszerű megvilágításmérőket is használhatunk. Ezek a fényképezés segédeszközeként már hosszú évek óta használatosak, tehát közismertek. A kis műszer egy tubusból áll; ennek egyik vége úgy van kiképezve, hogy szorosan szemünkhöz illeszthető, másik végét a lefényképezendő tárgy felé fordítjuk. Ezt a mikroszkóp okulárisának eltávolítása után a tubushoz illesztjük éppúgy, mint előbb a fotocellás megvilágításmérőt. A műszer belsejében egy köralakú lap van, kerületén fokozatosan sötétedő számsorozattal. Megállapítjuk, hogy a számsorozatból melyik az a

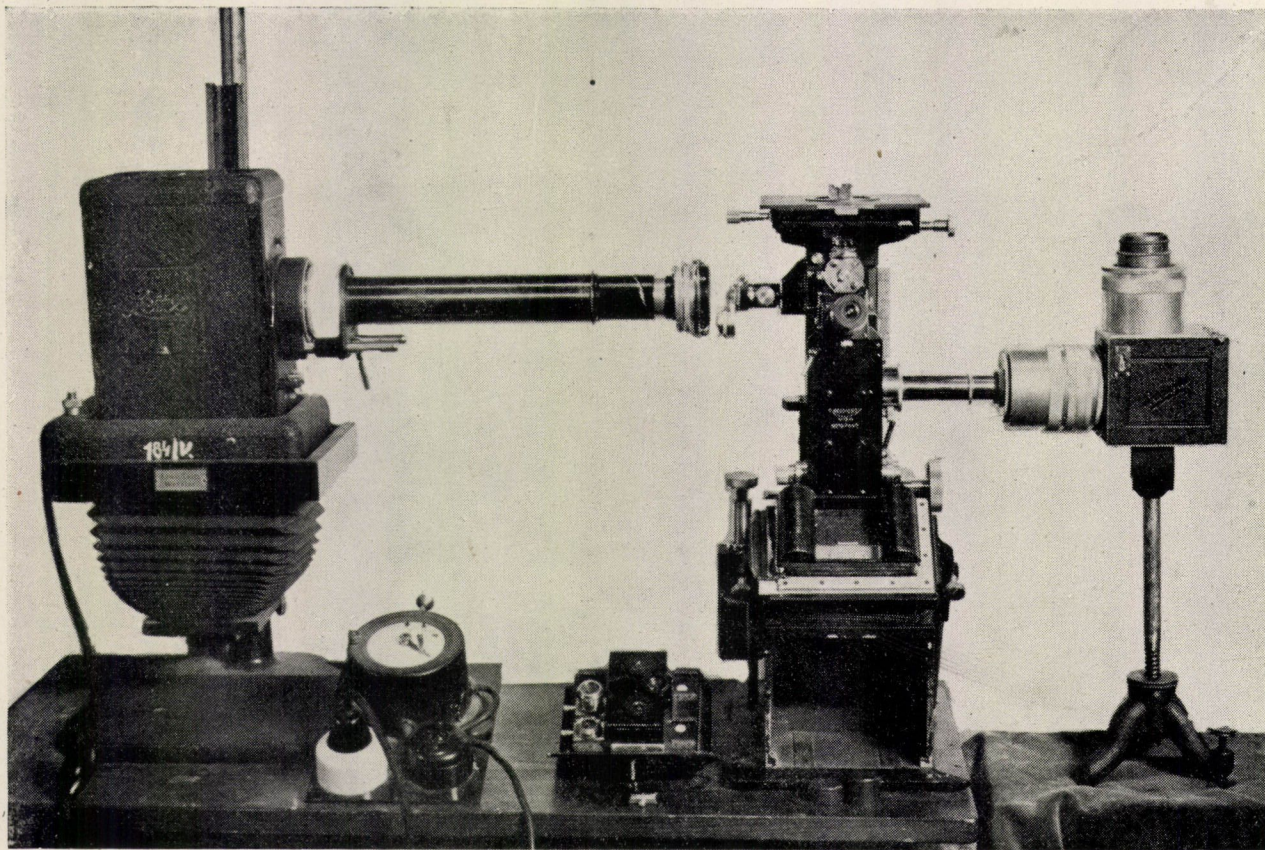
szám, amelyet még jól látunk és ennek segítségével a megvilágítási idő a tubus külsejére elhelyezett gyűrűs skálán leolvasható.

Az optikai megvilágításmérők előnye a fotocellásokkal szemben az, hogy velük még gyengébb világítást is lehet mérni, amikor a fotocellás megvilágításmérő már semmit sem mutat. Hátránya, hogy a mérési eredmények nagyon szubjektívek, teljesen a mérést végző egyén szemétől függnének és ha az fáradt (ami mikrofotografálásnál könnyen előfordul), a mérés eredményei hamis adatokat szolgáltathatnak.

Ezeket a megvilágításmérőket is össze kell a mikroszkóppal hangolni. A bemérés menete teljesen azonos a fotocellásoknál leírt eljárásnál. Tehát egy felvételsorozat készítése alapján megint azt állapítjuk meg, hogy milyen fényrekesz mellett kell a helyes megvilágítási időt leolvasnunk.

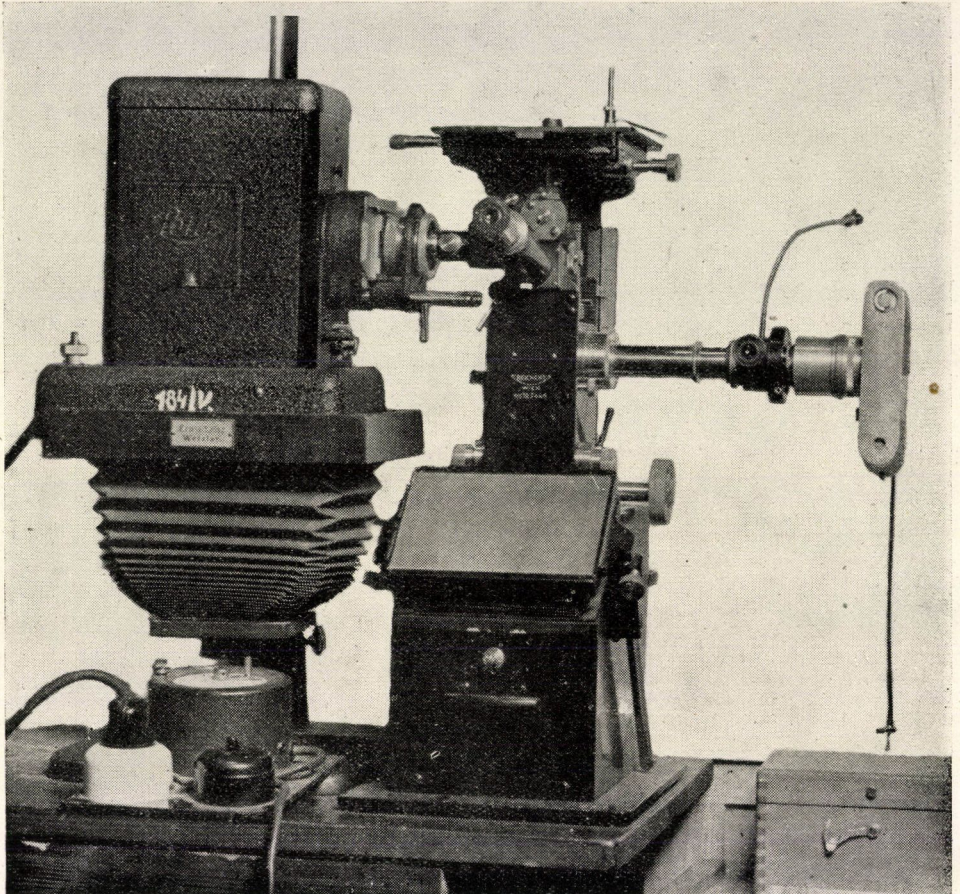
Ha a mikroszkópon megvilágítási időt akarunk mérni, akkor igen fontos, hogy a világítóberendezésnek olyan erős fénye legyen, amelyet a fénymérő műszerekkel mérni tudunk. A modern mikrofotografálásra berendezett mikroszkópok rendszeren kifeszültségű, hat voltos égőkkel vannak felszerelve és ezek már adnak olyan fényt, amelyet a megvilágításmérővel mérni lehet. Ha a világítás olyan gyenge, hogy a fénymérő mutatóját nem téríti ki, akkor vagy lemondunk a mérésről, vagy fokoznunk kell a világítást. Ívfény használatát nem ajánlom. A fénye elég erős, de állandó ingadozása a mérést szinte lehetetlenné teszi. Igen alkalmas és jó erős fényt adnak az  $5 \times 5$  méretű kisfilmes diavetítőkészülékek, ha legalább 250 Wattos égő van bennük. Használhatjuk őket a vetítő objektívvel együtt, vagy anélkül. Első esetben a vetítógép objektívjének a tubusát annyira kell meghosszabbítani, hogy a vetítő az illuminátor belépőnyílása elé helyezett papírlapra pontszerű fényt vetítsen ugyanúgy, mint a hat voltos égőkkel felszerelt világítóberendezés. Az objektívet meghosszabbító tubust erős pozitív szemüveglencsével megrövidíthetjük. Ez a gyújtótávolság hosszát csökkenti. Ez a fényforrás kb. háromszor olyan fényerős, mint a jól megszerkesztett, hat voltos kifeszültségű égővel felszerelt világítóberendezés.

Az eddig elmondottakat a 3/a ábrán mutatom be. A Reichert-gyártmányú MEF típusú mikroszkóp  $6 \times 6$  tükörreflexes Primarflex fényképezőgéppel van felszerelve. A gép tubusának a hossza 18 cm kihuzatnak felel meg. A fényképezőgép felső részére épített tubusban nagyító van, amely a teljes képméretet mutatja és az élesreállítást megkönnyíti. A világítóberendezés fényforrása egy 250 Wattos égővel ellátott Leitz VIII.S típusú vetítő, amelynek az objektívje elé  $+7$  dioptriás lencsét szereltem. A tubus hossza 225 mm. Az egyszerű rugós foglalatba szerelt színszűrőket az objektív elé vagy a kondenzor és tubus közé helyezhetjük. A fényképezőgép elég súlyos, alkalmas módon alá kell támasztani. Az ábrán látható exponáló óráról a negatív megvilágításának leírásánál beszéltünk.



3/a. ábra.

A kisfilmes diavetítőket mikroszkóp világitásra még más módon is felhasználhatjuk. A 3/b ábrán mutatok be egy ilyen megoldást. Itt a Leitz VIII. S típusú diavetítőt, miután az objektívjét előzőleg eltávolítottuk, úgy állítjuk



3/b. ábra.

a mikroszkóp mellé, hogy az illuminátor fénybeeresztő nyílása közel legyen a vetítő lemeztartójának síkjához és a diavetítő kondenzorának és az illuminátor kondenzátorának optikai tengelyei egybeessenek.

Igen nagy fényerőnk lesz, kb. hatszor akkora, mint a hat Voltos kisfeszültségű égővel felszerelt világítóberendezésnél, de a vetítő kondenzor nagy átmérőjének következtében oldalt sok a zavaró fény, amit alkalmas fényellenzőgyűrűvel tüntetünk el. A színszűrőket a vetítő dia tolókájában is elhelyezhetjük. Fényképezőgépünk jelen esetben egy Leica.



A kisfilmes fényképezőgépek használata az eddig ismertettekénél is gazdaságosabb és gyorsabb munkát biztosít. Üzemanyaguk a perforált mozifilm, negatív méretük  $24 \times 36$ ,  $24 \times 32$  vagy  $24 \times 24$  mm. A gépbe behelyezett filmtekerésre a negatív nagysága szerint 36—50 felvétel készíthető, ami sorozatfelvételek esetében előnyös. Természetesen annak sincs semmi akadálya, hogy a felvétel számának megfelelően csak rövid darabfilmet rakjunk a gépbe.

Mindazok a kisfilmes készülékek alkalmasak mikrofotografálásra, melyeknek objektívje egyszerűen eltávolítható. Helyébe, egy tubus segítségével a mikroszkóp okulárisát szereljük és a gépet ezzel együtt a mikroszkóp megfelelő tubusába toljuk éppúgy, mint a  $6 \times 6$  tükörreflexes gépet.

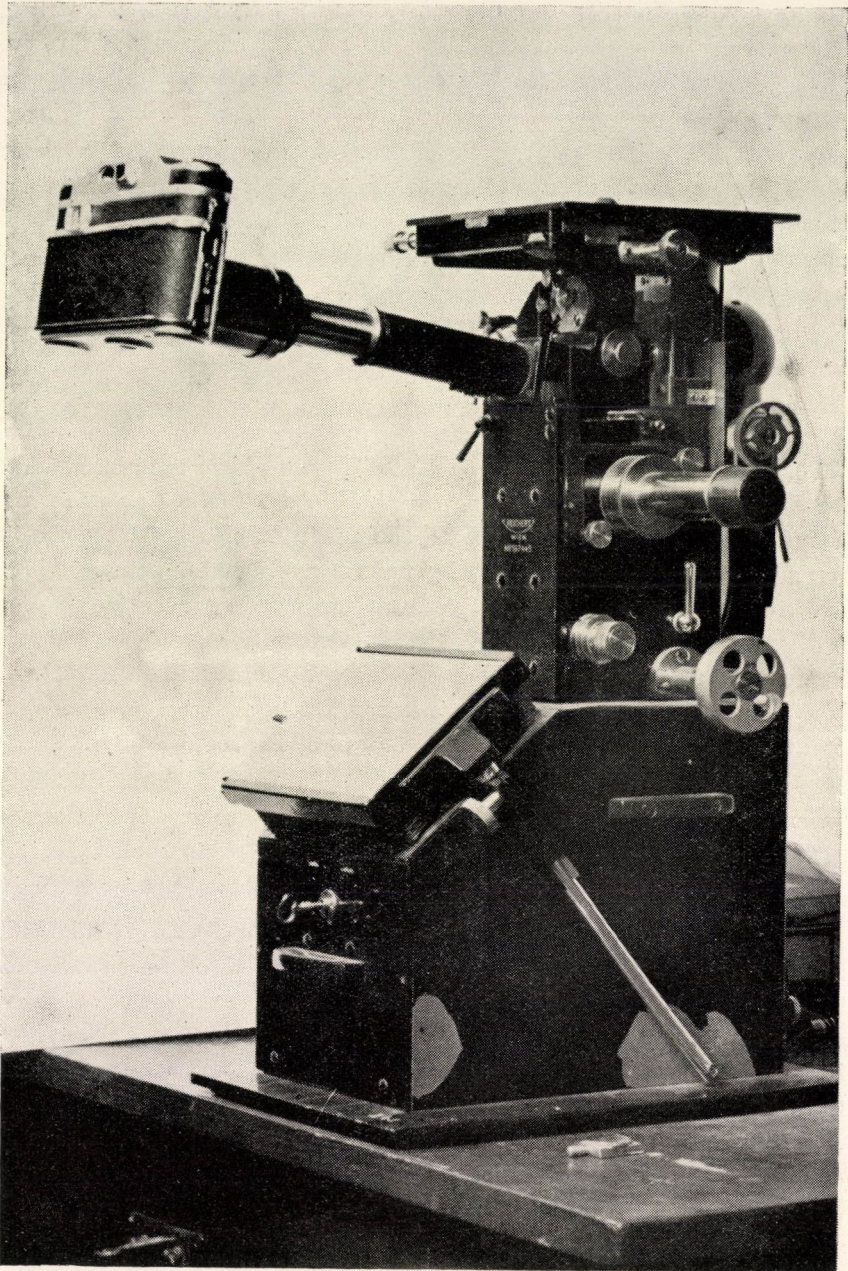
A forgalomban lévő kisfilmes készülékeket aszerint csoportosíthatjuk, hogy hogyan történik rajtuk a kép élesre állítása. Ez lehetséges egyszerű méter-skálával, minden külön segédberendezés nélkül, beépített távolságmérővel, vagy tükörreflexes berendezéssel.

A méterskálás és távolságmérős gépek között a mi szempontunkból nincs különbség, mert a távolságmérőt mikrofotografálásakor nem használhatjuk. Az ebbe a csoportba tartozó gépek közül a *Kiev*, a *FED*, a *Contax* és a *Leica* távolságmérős gép, negatív méretük  $24 \times 36$  mm. Az első kettő orosz gyártmányú precíziós gép. Idetartozik még, mint távolságmérő nélküli, a *Robot*,  $24 \times 24$  mm képmérettel. Ez a képméret azonban csak a rendes fényképezésnél van meg, mikrofotografálásnál a gép belső szerkezete egy olyan letompított sarkú négyzetet határol le, aminek egyik oldala 20 mm (lásd 8. ábrát). A gép különben automatikus filmtovábbítószerezettel van felszerelve, ami a filmet a felvétel megtörténte után egy kockával önműködően tovább viszi.

Ezeknek a gépeknek a tubusába az okuláris és a gép közé tükörreflexes vagy prizmás berendezést kell iktatni, amelyen a csiszolat képét élesre állíthatjuk. Ilyen berendezéseket rendszerint a gépekkel együtt lehet beszerezni. Ezek a berendezések a kép élesre állítását igen megkönnyítik.

A második csoportba azok a gépek tartoznak, amelyekbe a tükörreflexes berendezésbe van építve. Ezeket a gépeket, az objektív eltávolítása után, az okulárisal ugyanúgy szerelhetjük fel, mint a  $6 \times 6$  tükörreflexes gépeknél. További kezelésük is egyezik. Idetartoznak az ismertebb nevéek közül a *Kine-Exakta*, *Praktiflex*, *Alpa-Reflex* és a hazai gyártmányú *Gamma* készítmény, a *Duflex*. Az első három  $24 \times 36$  mm negatív méretű, ezekhez a mikroszkóphoz való csatlakoztatáshoz szükséges tubust a gyár szállítja. A *Duflex*  $24 \times 32$  mm képméretű, hozzávaló tubus ezidőszereint gyárilag még nem készül, de ez olyan egyszerű, hogy bármely műszerésszel elkészíttethetjük. Lényegében olyan cső, amelynek egyik végén a *Duflex*hez illő bajonet csatlakozás van, a másik végén pedig az okuláris befogására alkalmas anyás csavaros lezárórész. Arra kell csak ügyelni, hogy a bajonet tárcsán lyukat fúrassunk azon a helyen, ahol a tárcsa az objektív rekesz állító peckére ráfekszik.

A 4. ábrán a Duflex-gépet mikroszkópra szerelt üzemképes állapotban mutatjuk be.



4. ábra.

A kisfilmes készülékekkel való fényképezés menete ugyanaz, amint azt a  $6 \times 6$  tükörreflexes gépeknél részletesen leírtuk.

További fontos feladat ezek után a legalkalmasabb negatív anyag megválasztása. Általában csak közepes vagy alacsony fényérzékenységű ortokromatikus és pankromatikus fényudvarmentes anyagokat használjunk. A nagy fényérzékenységű anyagok, különösen kisfilmek esetén céljainknak nem felelnek meg, mert a nagy érzékenységgel a durva szemcsézet és a lágy gradáció jár együtt. Ezek a nagyításra váró mikrofelvételeken nem kívánatos tulajdonságok. A  $6 \times 6$  nagyságú, tekercs filmekre készült felvételek anyagának megválasztása aránylag egyszerű, mert ez a méret kontakt másolatban is használható úgy, hogy a legtöbb esetben nagyítani sem kell. Ebben a méretben úgyszólván minden jóminőségű tekercsfilm megfelel. Igen jó eredményeket érhetünk el a hazai gyártmányú közepes érzékenységű Forte tekercs filmekkel, ha azokat a majd később ismertetett boraxos finomszemcsés előhívóban kezeljük. Igen finom szemcsézetű, jól nagyítható normális gradációjú negatívokat kapunk.

A kisfilmes készülékek anyagának megválasztása már kényesebb, mert ezeket mindenképpen nagyítani kell, tehát okvetlenül finom szemcsézetre kell törekedni. Az alacsony ( $10/10$ — $12/10$  Din) érzékenységű vékony rétegű anyagok adják a legfinomabb szemcsézetet, erőteljes gradáció mellett. Ezek közt is a legkiválóbb az Agfa által gyártott ortokromatikus reprodukciós film, ami *Agepe* név alatt kerül forgalomba. Az ilyen anyagokról könnyen készíthetünk 20—30-szoros lineáris nagyításokat anélkül, hogy a negatív szemcsézete a képen jelentkeznék.

Ezekre a speciális anyagokra azonban csak akkor van szükség, ha különleges célokra, nagyobb méretű nagyításokat kell készítenünk. Ha csak a normális méretű,  $55 \times 81$  mm vagy  $81 \times 110$  mm nagyságú képek kellene, akkor minden közepes ( $15/10$ — $17/10$  Din) érzékenységű filmmel kielégítő eredményt érhetünk el, ha megfelelően hívjuk elő.

Az alkalmas előhívó megválasztása legalább is olyan fontos, mint a negatív anyagé.

A negatív előhívókat három csoportba oszthatjuk: rapid hívók, finomszemcsés hívók és ultrafinomszemcsés hívók. Rapid hívó pl. a közismert és általánosan használt metolhydrochinon előhívó. Az ilyen hívók alkáliatartalmuk miatt gyorsan hívnak, erőteljes gradációjú és igen durva szemcsézetű negatívot adnak. Ezek a hívók mikrofotografálásra nem felelnek meg. Csak finomszemcsés és ultrafinomszemcsés hívókat használjunk. A finomszemcsés hívók általában kielégítő eredményt adnak. Nagy szulfidtartalmuk a durva szemcsézképződést megakadályozza és az alkáliát is borax pótolja, amely a szemcsézetet nem durvítja. Normális gradációjú, finom szemcsézetű negatívokat kapunk anélkül, hogy a megvilágítási időt meg kellene hosszabbítanunk.

Igen jó eredményt értem el az alábbi hívóval:

1000 cm<sup>3</sup> víz,

2 g metol,

100 g vízmentes szulfit,  
 5 g hydrochinom,  
 8 g borax,  
 8 g kristályos bórsav,  
 előhívási idő 19° C-nál 8—10 perc.

Ha még finomabb szemcsézetű negatívokra van szükség, akkor az úgynevezett ultrafinomszemcsés előhívókban kell hívni. Ezek alkáliát nem tartalmaznak, rendkívül finomszemcsézetű negatívot adnak, de a megvilágítási időt a normálisnak 2—3-szorosára kell emelnünk és a gradációjuk is lágyabb.

Mint a legfinomabb szemcsézetű előhívót, a következő összeállítást ajánlom :  
 1000 cm<sup>3</sup> víz,  
 90 g vízmentes szulfit,  
 10 g paraphenylendiamin,  
 8 g glicin.

Háromszoros megvilágítási időt kíván, előhívási idő 19° C-on 10 perc.

A hívó alapanyaga a paraphenylendiamin, a bőrt erősen megtámadja és megbarnítja. Célszerű gumikesztyűt használni.

Igen finom szemcsézetű hív az alábbi, kétszeres megvilágítást kívánó összeállítás :

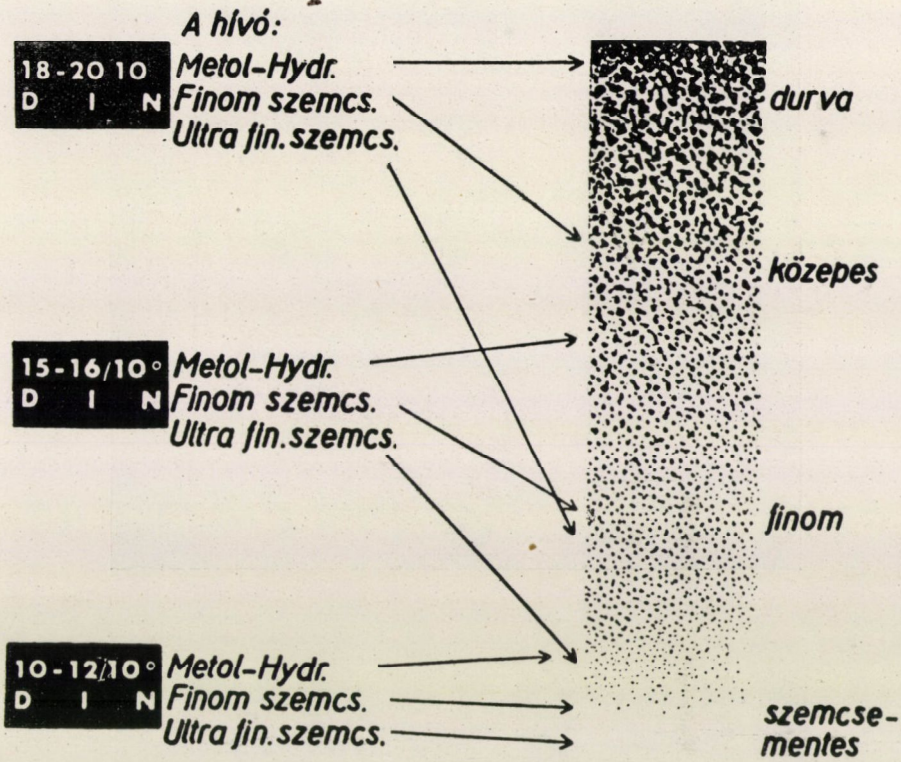
1000 cm<sup>3</sup> víz,  
 6 g metol,  
 90 g vízmentes szulfit,  
 3 g borax,  
 1 g rhodankálium,  
 ½ g brómkálium.

Előhívási idő 19° C-on 14—17 perc.

Hogy a negatív szemcséképződését a hívó megválasztásával mennyire szabályozhatjuk, arra vonatkozólag az 5. ábra ad szemléltető képet. A nagy érzékenységű negatív durva szemcsézetét a finom szemcsézetű hívó előhívó megfinomítja, a közepes és kis érzékenységű, különben finom alapszemcsézetű anyagok szemcsézete pedig metol-hydrochinonban előhívva jelentős mértékben durvul.

Hogy a helytelen anyag és a meg nem felelő előhívó mennyire elronthatja a felvételt, azt a 6/a, 6/b, 6/c és 6/d ábrán mutatom be. A 6/a és 6/b az eredeti nagyságú felvétel. Mindkét negatív ugyanarról a csiszolatról készült, teljesen egyező körülmények között. 135× olajimmerziós objektívvel és 8× okulárisal, kis filmre. Az egyik felével (6/a) anyaga a nagy (21/10 Din) érzékenységű Agfa ISS film, metol hydrochinon hívóban előhívva, a másiké (6/b) Agfa ortokromatikus reprodukciós film boraxos előhívóban kezelve. A két felvétel közti különbséget a részletnagyítás még feltűnőbbé teszi. A 6/c és 6/d ábrán 5500× össznagyításban látjuk az előbbi felvételeket. A metol hydrochinonban való elő-

hívás a magas érzékenyséű negatív anyag szemcsézetét annyira eldurvította, hogy az még a reprodukcióban közölt fényképen is szembetűnő.

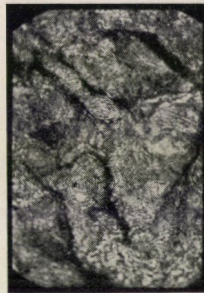


5. ábra.

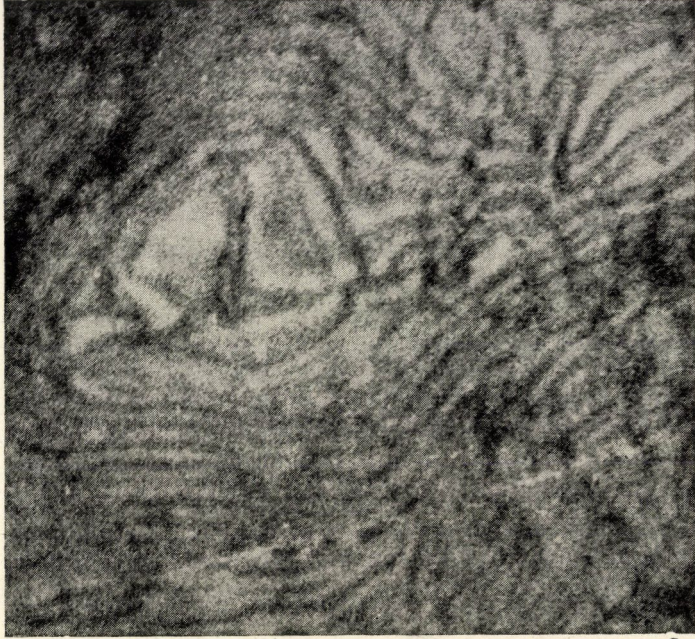
A kész negatívot már csak másolni és nagyítani kell. A tekercsfilmre készült 6×6 negatívokról készült közvetlen másolatok is elég nagyok ahhoz, hogy a képek élvezhetők legyenek. A kisfilmes negatívokat azonban mindenképpen



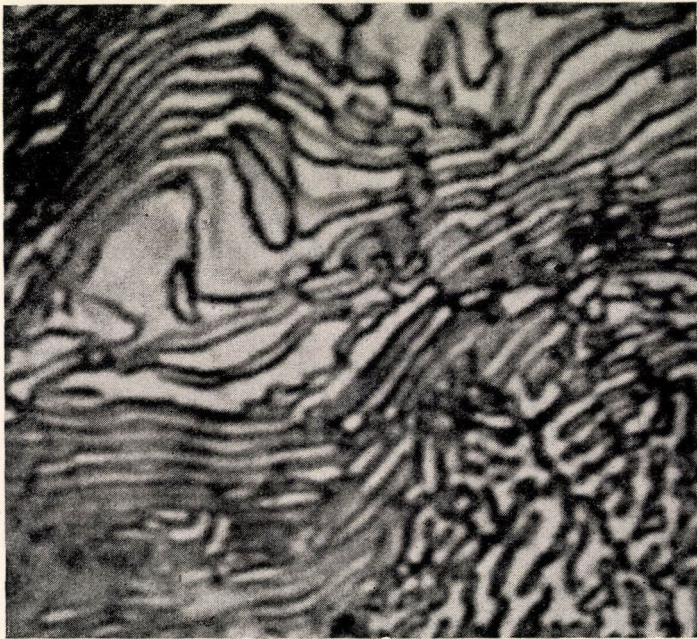
6/a ábra.



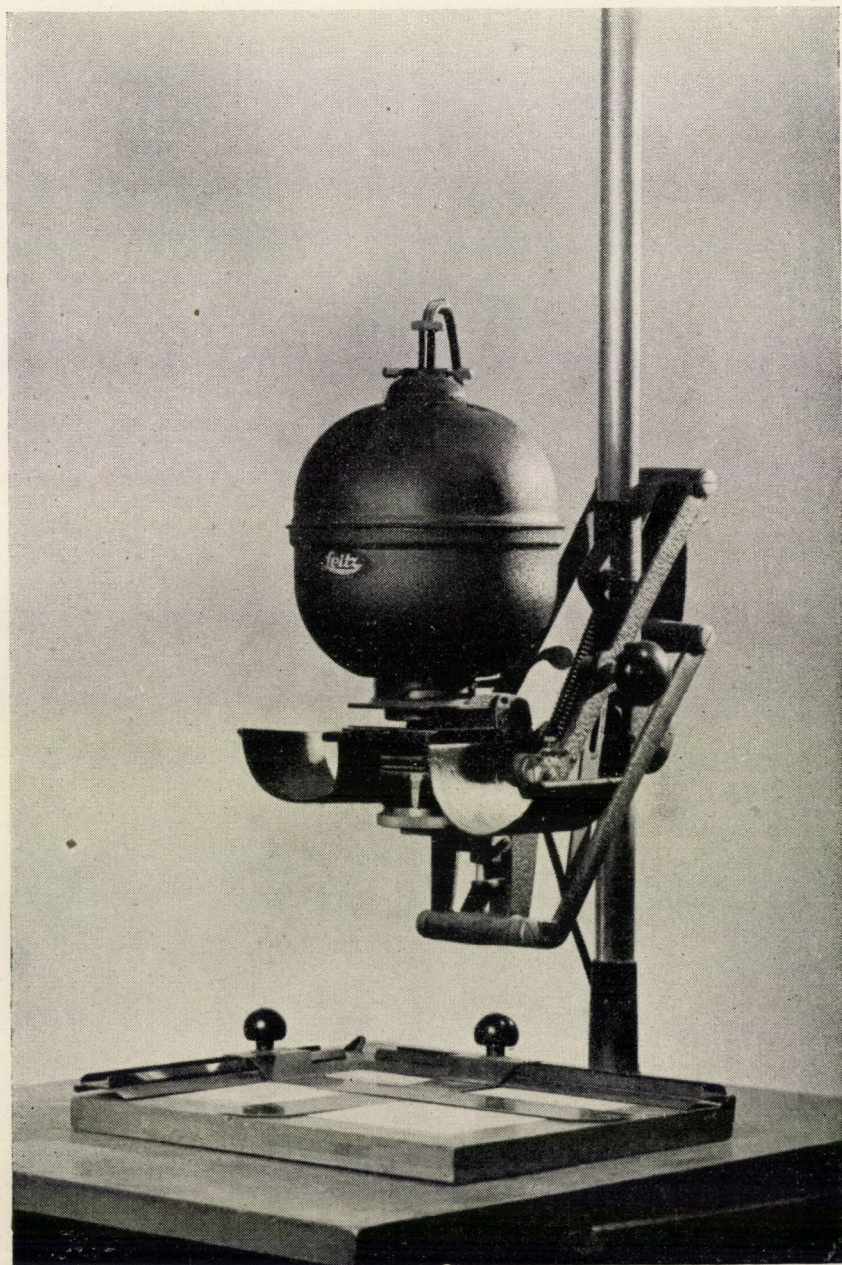
6/b ábra.



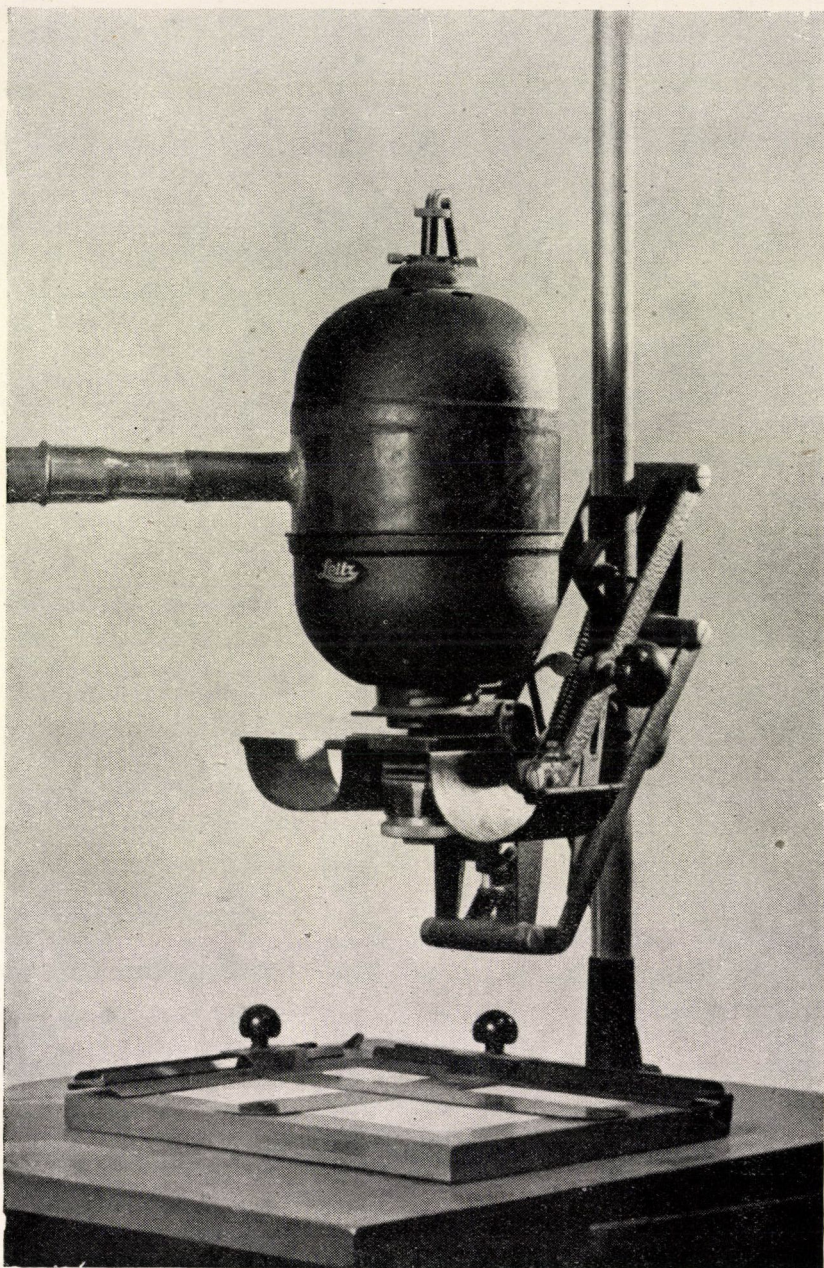
6/c ábra.



6/d ábra.



7/a ábra.



7/b ábra.

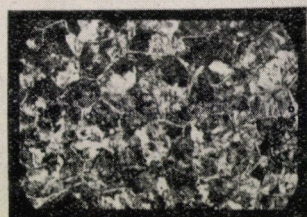




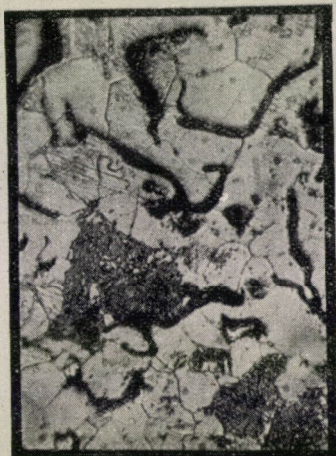
6x9



6x6



24x36



4½x6



24x32



24x24  
(Robot)

8. ábra.

meg kell nagyítani. A nagyítás műveletét minden fényképezéssel foglalkozó szakember ismeri. Ezzel kapcsolatban csak azt kívánom hangsúlyozni, hogy tökéletes nagyítást csak tökéletes nagyítóval lehet elérni. Különösen fontos, hogy a nagyító fényforrása minél világosabb képet vetítsen a papírra. Nem mindegy ugyanis, hogy gyenge fénnel hosszú ideig világítunk, vagy erős fénnel rövid ideig. A rövid ideig tartó erős fénnel való megvilágítás mindig briliánsabb nagyítást ad. Ha elég erős a fényforrás, akkor a szokásos brómezüst nagyító-papír helyett klórezüst papírt is használhatunk. Ennek a fekete tónusa sokkal tetszetősebb, mint a brómezüst papírok szürkés színezete.

Nagyítókészülékekbe a hazai gyártmányú Tungraphot »B« típusú 500 Wattos égő beszerelését ajánlom. Ez az égő eredetileg nem nagyítókészülékek céljaira készült. Üzem közben igen erősen felmelegszik és emiatt csak így egyszerűen a meglévő nagyítókészülékbe behelyezve nem alkalmazható. A nagy hőfejlődés következtében a negatívot tönkreteszi, sőt az izzó önmagát is felémesztené és néhány órai használat után elpusztulna.

Ezen a bajon úgy segíthetünk, hogy a nagyító oldalát megnyitva az oldalnyílásra csatlakozó csövet forrasztunk, amin át a nagyítón keresztül levegőt szívhatunk, vagy fuvatunk. Hajszárító vagy porszívó egyaránt megfelel. Ilyen, aránylag kis költséggel felszerelhető szellőzőberendezés az égőt már nagyítási célokra is alkalmassá teszi. Élettartama nagy mértékben megnövekedik és az állandó hűtés következtében negatívjaink nem mennek tönkre.

A 7/a ábrán egy Leitz Focomat nagyítókészüléket mutatok be. A 7/b ábrán ugyan ezt a készüléket átalakítva látjuk. A lámpaházat megtoldó gyűrűre csomok van forrasztva. A szellőzővezeték ehhez csatlakozik.

Összehasonlítás céljából a 8. ábrán különféle méretű filmekre készült mikrofelvételeket mutatok be.

Az eddig elmondottakban a filmes és kisfilmes készülékek gyakorlati alkalmazását ismerttettem. Használatuk gazdaságosságát az alábbiakban a negatívanyagok beszerzési árának és a felvételek készítésére fordított munkaidőnek az összehasonlítása érzékelteti:

1 db	9×12 cm	méretű	Forte	orto	lemez	ára	.....	2.53 Ft	.
1 »	6×9	»	»	»	»	»	.....	1.37	»
1 »	»	»	»	»	»	film (1/8 )	tekercs	ára	. 1.05 »
1 »	6×6	»	»	»	»	»	(1/12)	»	» . 0.70 »
1 »	4 1/2×6	»	»	»	»	»	(1/16)	»	» . 0.53 »
1 »	24×36 mm	kisfilm	kocka	ára	.....	0.20	»		

A fényképezésre fordított munkaidőket úgy hasonlíthatjuk legjobban össze, ha ugyanazt a feladatot lemezekkel is és különféle méretű filmekkel is elvégezzük. E célból 32 csiszolatból álló sorozat fényképezéséhez szükséges időket hasonlítom össze. Feltételezem, hogy a fényképész nagy gyakorlattal rendelkezik, a mikroszkóp világítóberendezése elég erős fényt ad, a csiszolatok ismert, normális csiszolatok, melyeken a megfelelő részleteket nem kell soká

keresgélni. Anyagrontást nem veszünk figyelembe, mert az úgysis a lemezekkel való dolgozás eredményeit rontaná; a laboratóriumi berendezés kisebb, ahol nincsenek nagy előhívó tankok, melyekben nagyobb mennyiségű lemezt vagy filmet egyszerre lehet előhívni.

9×12 vagy-6×9 méretű lemezeknél a 32 egységből álló csiszolatsorozat negatívjainak elkészítésére szükséges munkaidő a következőkből tevődik össze :  
32 lemez betöltése a lemeztartókba ..... 14 perc

32 csiszolat lefényképezése egyenkint a következő művelettel :  
csiszolat elhelyezése a mikroszkóp asztalán, a megfelelő rész megkeresése a mikroszkópban, megvilágítási idő mérése, beállítás a homályos üvegen, homályos üveg és lemeztartó csere, a lemeztartó fedelének kihúzása, a lemez megvilágítása, a tartófedél visszatolása, lemeztartó és homályos üveg csere, a csiszolat eltávolítása a mikroszkópasztalról ..... 120 perc

32 lemez előhívása tálban, hat lemezes csoportokban, a következő műveletekkel : lemezek kivétele a tartókból, berakás az előhívótálba, csoportonként 10 perces előhívás, leöblítés és áthelyezés a fixálóedénybe, 15 perces fixálás, a lemezek áthelyezése a fixálóedényből az öblítőbe, 30 perces vizezés, a lemezek kiszedése és a szárítóállványon való elhelyezése ..... 145 perc

Összesen ..... 279 perc

Ugyanaz tekercsfilmre, 6×9 képnagysággal :

32 felvételre négy tekercsfilm betöltése az adapterbe ..... 5 perc  
32 felvétel elkészítése ugyanannyi időt jelent, mint a lemezeknél, 5,5 perc időtöbblettel, ami abból adódik, hogy a filmet minden felvétel után egy-egy kockával tovább kell csavarni ..... 125,5 perc  
Négy tekercs előhívása egyenként 10 perces előhívási idővel, 15 perc fixálás, 30 perc öblítés, szárításra előkészítés ..... 95 perc

Összesen ..... 225,5 perc

Ugyanaz 6×9 tekercsfilmre 4½×6 képnagysággal :

32 felvételre két tekercsfilm betöltése az adapterbe ..... 2,5 perc  
32 felvétel elkészítése mint az előző, nem osztott filmtekercsnél ..... 125,5 perc  
Két tekercs előhívása egyenként 10 perces előhívási idővel, 15 perces fixálás, 30 perces vizezés, szárításra előkészítés ..... 68 perc

Összesen ..... 196 perc

Ugyanaz  $6 \times 9$  tekercsfilmre,  $6 \times 6$  képmérettel tükörreflexes géppel:

három tekercsfilm betöltése a gépbe és filmcsere .....	5	perc
32 csiszolat lefényképezése egyenként a következő művelettel: csiszolat elhelyezése a mikroszkópasztalon, a megfelelő rész megkeresése a mikroszkópon, megvilágítási idő mérése, beállítás a tükörreflexes gépen, megvilágítás, filmtovábbítás, a csiszolat eltávolítása a mikroszkóp asztról .....	64	perc
Három tekercs előhívása egyenként 10 perces előhívási idővel, 15 perces fixálás, 30 perces vizezés, szárításra előkészítés .....	80	perc
Összesen .....	149	perc

Ugyanaz kisfilmre :

Kisfilm levágása a nagy tekercsből, betöltése a filmtartóba és a gépbe.....	5	perc
32 csiszolat lefényképezése egyenként a következő művelettel: csiszolat elhelyezése a mikroszkópasztalon, a megfelelő rész megkeresése a mikroszkópon, megvilágítási idő mérése, beállítás a kisfilmes készülék keresőjén, megvilágítás, filmtovábbítás, csiszolat eltávolítása a mikroszkópasztról .....	35	perc
a tekercs előhívása 10 perc előhívási időt számítva, 15 perc fixálás, 30 perc vizezés, szárításra előkészítés .....	60	perc
Összesen ..	100	perc

Ha még figyelembe vesszük azt is, hogy a 15 perces fixálás és 30 perces vizezés ideje alatt negatívjainkat ellenőrizni már nem kell és így mással is foglalkozhatunk, a 45 perces időmegtakarítás még inkább a film használatának a gazdaságosságára utal.

Az előző időeredményekből 45 percet levonva az összmunkaidők a következők lesznek :

Lemezeknél .....	234	perc
$6 \times 9$ tekercsnél .....	180,5	»
$4\frac{1}{2} \times 6$ tekercsnél .....	151	»
$6 \times 6$ tekercsnél, tükörreflex .....	104	»
kisfilmnél .....	55	»

KÉSZÜLT A FÉMTECHNOLÓGIAI TANSZÉK LABORATÓRIUMÁBAN,  
SOPRONBAN.

# SZABADVEZETÉKI ANYAGOK KILÁGYULÁSA TARTÓS MELEG HATÁSÁRA

VAJTA MIKLÓS

Beérkezett: 1951. március 15.

Energiaszállító rövid szabadvezetékeknél, ahol sem a feszültségesés sem pedig a Joule-veszteségnek nincs nagy jelentősége, a vezetékek méretezésére a megengedhető vezetékmelegedés irányadó. De felmerülhet a vezetékmelegedés kérdése együttműködő kettős távvezetékek olyan állapotában is, amikor az egyik vezetékrendszert meghibásodás vagy karbantartás miatt ki kell kapcsolni, s ilyenkor a másik vezetékrendszernek a rendes üzeminél lényegesen nagyobb terhet kell átvinnie, ismét tekintet nélkül a feszültségesésre és a gazdaságosságra.

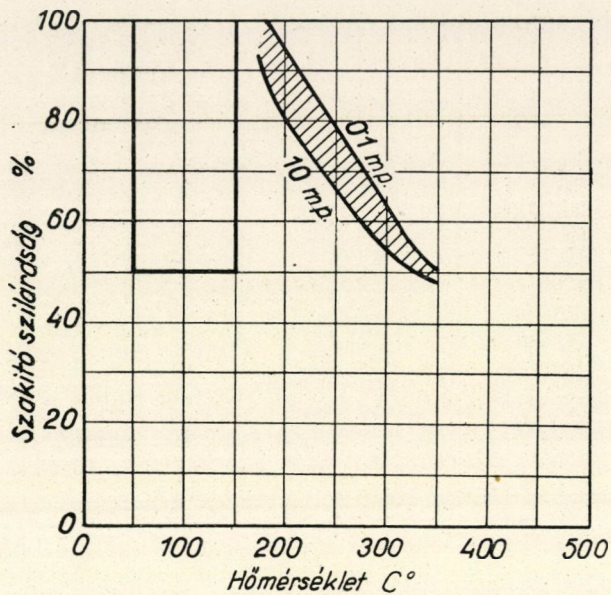
A kérdés azért érdemel figyelmet, mert amíg a zárlati áram rövid ideig tartó hő hatására a szilárdságsökkenés mindegyik szabadvezetéki anyagnál kb. 150° C-on kezdődik, addig tartós meleg hatására már lényegesen alacsonyabb hőfokon mutatkozik. A szilárdságsökkenés tehát elsősorban a hőfoktól és az időtartamtól függ, de még számos más körülménytől is.

A rövid ideig tartó (zárlati áram) hőhatásra bekövetkező szilárdságsökkenés kérdésével sokan foglalkoztak. A különböző mérések eredményei egymástól nagyon eltérnek, éppen a fentemlített körülmények miatt. Pl. 1 mm Ø keményre húzott vezető-huzalokkal végzett kísérletek<sup>1</sup> 0,1 és 10 mp között — különösen a nemesített alumínium anyagoknál — jelentős eltérést mutatnak az idő függvényében (1—5. ábrák). Ezzel szemben sodronyokkal folytatott kísérletek<sup>2</sup> szerint a kilágyulás csak a hőmérséklettől függ, ami érthető, hiszen a sodrony belső rétegei sokkal lassabban hűlnek le az áram megszűnése után, mint amennyi ideig a zárlati áram tartani szokott. Ez utóbbi mérések eredményei ezért (6. ábra) eléggé eltérnek az 1—5. ábráktól.

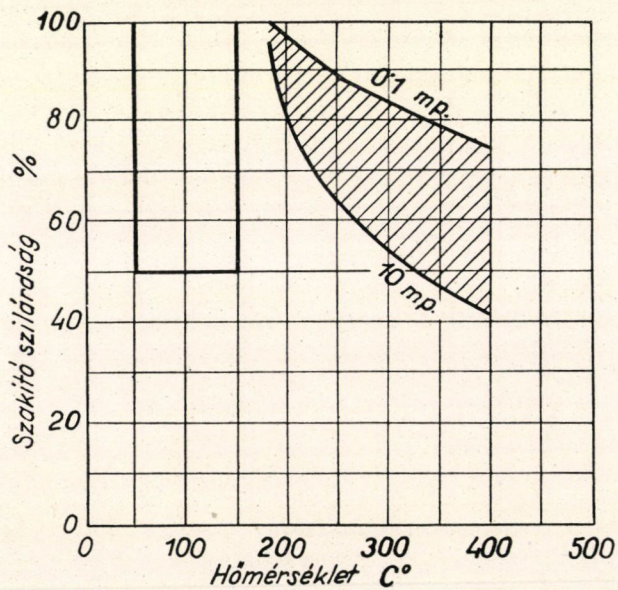
A rövid ideig tartó meleg hatására bekövetkező kilágyulás mértékére vonatkozó mérések a már idézett és egyéb<sup>3,4</sup> vizsgálatok szerint eléggé egyezők: a legkisebb szakítószilárdság a kezdeti (keményre húzott) érték százalékában;

réz .....	57—60%,
bronz .....	37—40%,
alumínium .....	44—50%,
nemesített alumínium	35—36%.*

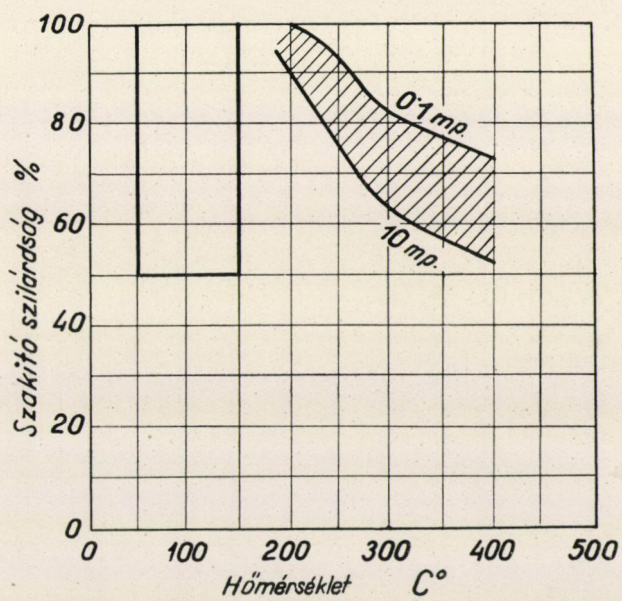
\* A kísérletek aludrallal végeztettek, ami tudvalevőleg csaknem azonos az aldrej, almelec stb. típusú anyagokkal.



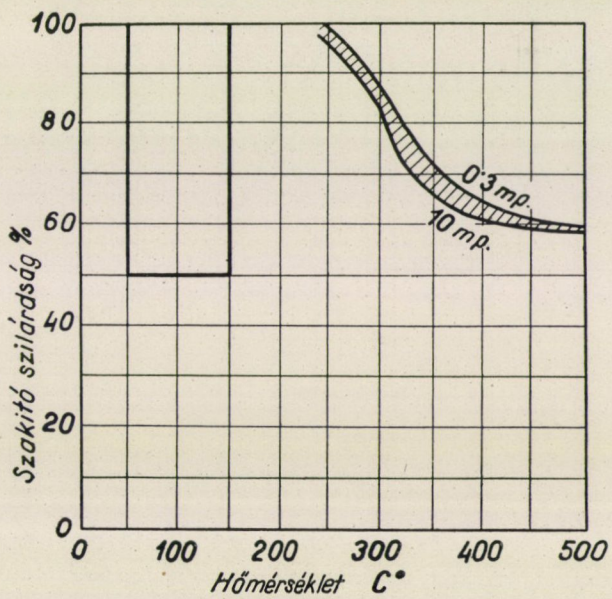
1. ábra. Alumínium szilárdságsökkenése hirtelen felmelegedés hatására.



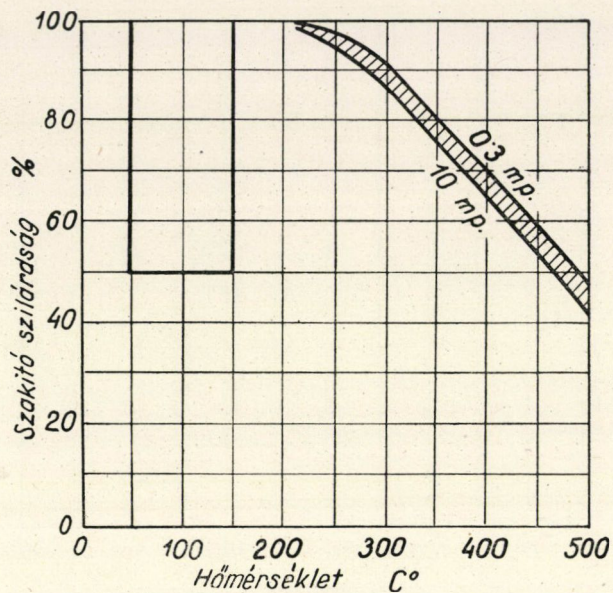
2. ábra. Aludur szilárdságsökkenése hirtelen felmelegedés hatására.



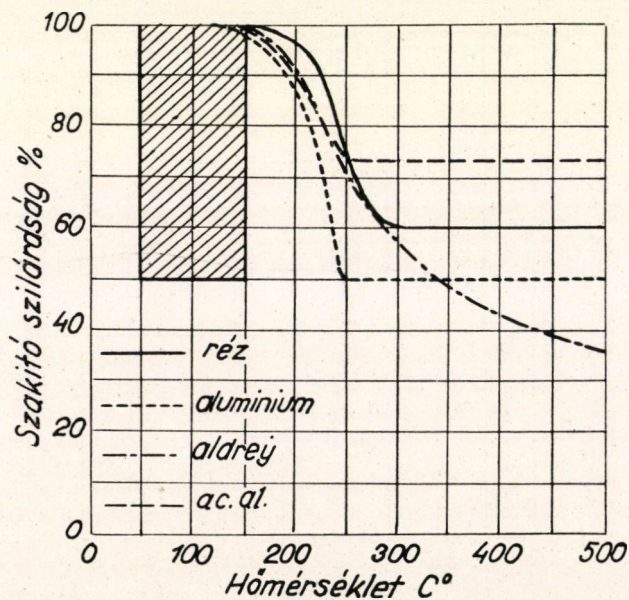
3. ábra. Aldrey szilárdságcsökkenése hirtelen felmelegedés hatására.



4. ábra. Vörösréz szilárdságcsökkenése hirtelen felmelegedés hatására.



5. ábra. Bronz szilárdságcsökkenése hirtelen felmelegedés hatására.



6. ábra. Szabadvezetési anyagok szilárdságcsökkenése hirtelen felmelegedés (zárlati áram) hatására.



A *tartós meleg hatására* bekövetkező kilágyulás kérdésével, ezzel szemben az irodalomban igen gyéren lehet csak adatokat találni. Thomas<sup>5</sup> foglalkozik ugyan három anyaggal (alumínium, aldrey, réz), azonban csak két hőfokon (80 és 100° C) és a háromféle anyagnál háromféle átmérőjű huzallal. Ez nem kielégítő, mert a vezetősodronyt alkotó huzalok átmérője nem közömbös a kilágyulás mértékére, mivel a vékonyabb huzalnak — a hideg megmunkálás következtében — nagyobb hányada kemény, mint a vastagabbé, s ezért a vékonyabb huzal a kilágyulás folyamán nagyobb mértékű szilárdságcsökkenést mutat.\*

Azt azonban meg lehetett Thomas kísérleteiből állapítani, hogy a rövid ideig tartó meleg okozta kilágyulás kezdő hőfokánál (150—200° C) lényegesen alacsonyabb hőfokon : 50 és 150° C között kell a méréseket elvégezni. Ezt a mezőt a 6. ábrán a vonalkázott terület tünteti fel, s a 7—16. ábrák a jobb összehasonlítás érdekében egységesen ezt a területet ölelik fel; ezeknél csupán a hőfoklépték aránya kétszeres.

#### *Hazai tartós melegigénybevétel kísérletek*

A szabványos magyar sodronyszerkezetek a következő huzalátmérőkből készülnek (D 21) :

#### I. táblázat

##### Vezetékátmérők, mm

1,35	1,95	2,1	2,5
1,7	2,0	2,2	2,8
1,8	2,05	2,25	2,85
			3,0

A méréseket 1,8 és 2,8 mm átmérőjű huzalokkal végeztem, mégpedig az 5 szabványos magyar szabadvezeték anyaggal (a hatodik, az acél, e kérdés vizsgálatánál nem jön tekintetbe).

A vizsgált anyagok\*\* előírás szerinti és tényleges jellemzőit a II. táblázat tartalmazza.

A hőkezelést a következő módon végeztem : Egy azbeszttel bélelt fekvő téglalakú vaslemezdoboz aljába villamos fűtőtest volt beépítve. A fűtőtest felett egymástól azbeszt- és alfolszigeteléssel elválasztott négy rekesz volt. A rekeszek töltőnyílása azbesztdugóval zárult, amelyen át higanyos laboratóriumi

\* Meg kell itt jegyezni, hogy a 6. ábra szerinti kísérletek nem voltak tekintettel erre az eltérésre, hanem csak átlag-értékeket tüntetnek fel.

\*\* Ezeket a budapesti Felten & Guillaume-gyár bocsátotta rendelkezésemre.

## II. táblázat

Anyag	Átmérő mm	A magyar szabvány száma	Szakítószilárdság kg/mm <sup>2</sup>	
			a szabvány szerint	a kísérleti anyagé
Alumínium . . . . .	1,8 2,8	MOSz 142	18	19,27 17,26
Nemesített alumínium	1,8 2,8	MOSz 143	30	30,9 30,9
Réz . . . . .	1,8 2,8	MOSz 141	40	43,9 43,5
Kadmiumréz . . . . .	1,8 2,8	MOSz 475	62 56	65,4 59,4
Bronz . . . . .	1,8 2,8	MOSz 474	66 62	68,15 61,0

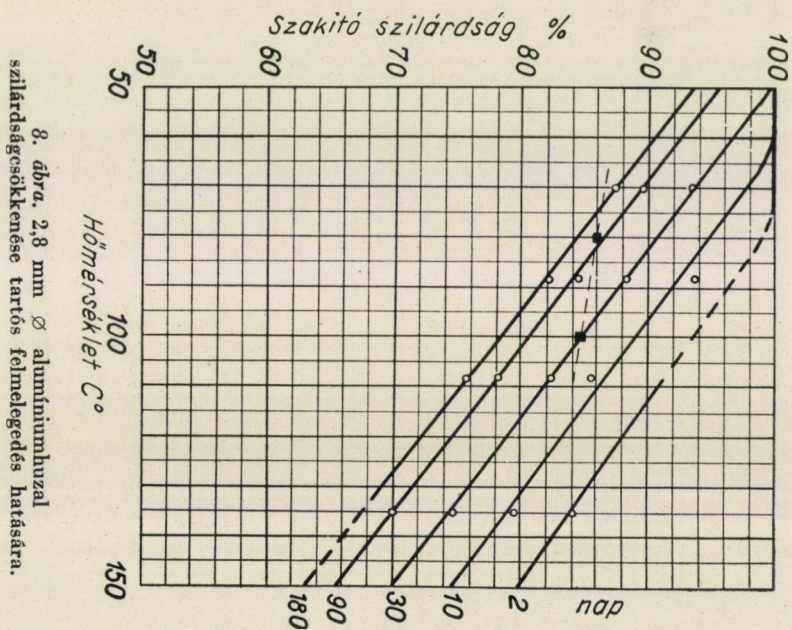
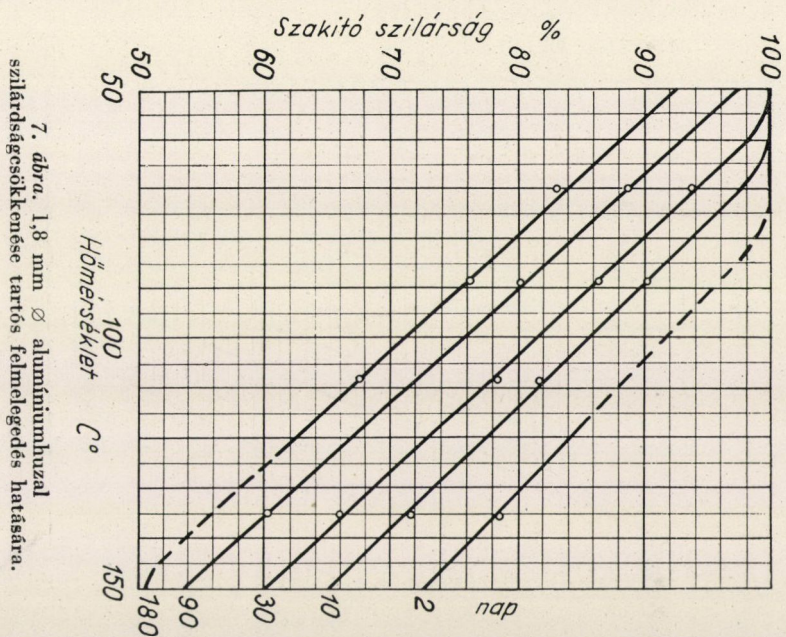
hőmérő nyúlt a rekesz belsejébe. A rekeszek közötti hőszigetelést huzamosabb kísérletekkel addig változtattam, amíg a rekeszek hőfoka alulról fölfelé közepesen 135°, 108°, 88° és 70° C nem lett; azért »közepesen«, mert a hőfok az ingadozó hálózati feszültség függvénye. A napi hőfokingadozás a közepes körül  $\pm 3,3\%$  volt, kivéve a vásár- és ünnepnapokat, amikor + 8%-ra is felemelkedett. Ezért vásár- és ünnepnapokon a készülék működését megszakítottam.

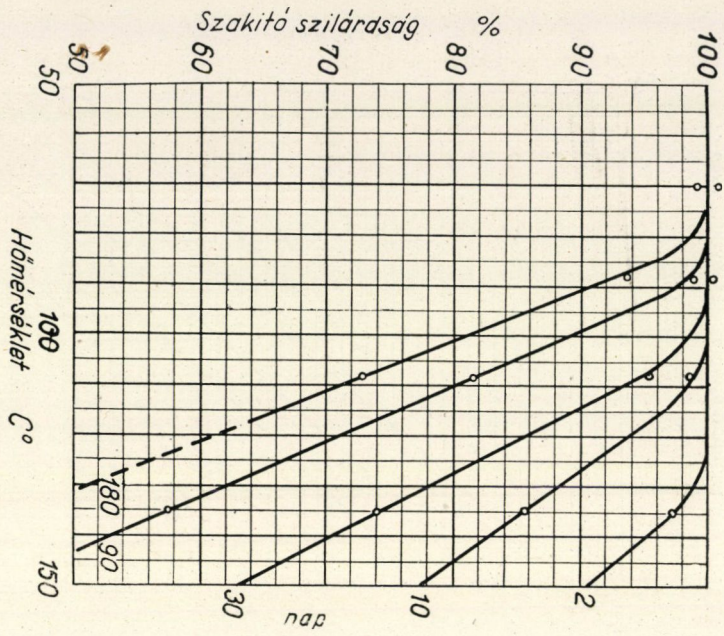
A próbatesteket 2, 10, 30, 90 és 180 napig tartottam a felsorolt hőfokokon (kivéve a 135° C-os rekeszt, amelyben 90 nap volt a leghosszabb idő). A szakítóvizsgálat céljára készült próbatestek hossza 100 mm volt. Minden mérési ponthoz három próbatestet szakítottam; a továbbiakban a három eredmény szám-tani középértékét vettem figyelembe.

A vizsgálatok eredményeit a 7—16. ábrák tartalmazzák, amelyeken összehasonlítás céljából Thomas 180 napos mérésének eredményeit is feltüntettem a megfelelő ábrákon kis négyszögekkel. A — különösen a réznél — mutatkozó nagy eltérés okát az ott valószínűleg lényegesen keményebbre húzott és tisztább alapanyagban kereshetjük.

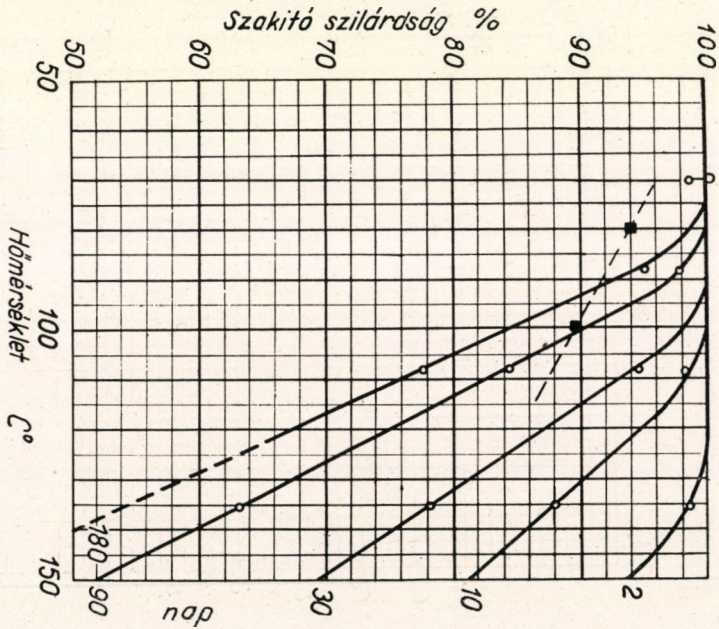
A kísérletekkel kapcsolatban meg kell jegyezni, hogy a valóságban lejátszódó jelenségek nem fedik a fent ismertetett laboratóriumi körülményeket. A valóságban nem huzal, hanem huzalokból álló sodrony melegszik; és pedig nem kívülről közölt meleg, hanem az áram által benne fejlesztett Joule-meleg hatására; nem állandó, hanem az áram ingadozásának megfelelően változó hőfokon; nem rekeszekben, hanem a szabadban, a megfelelő légáramlásnak kitéve. De éppen a körülmények e sokfélesége teszi indokolttá az egyszerűsített laboratóriumi vizsgálatot, mert ezeknek külön-külön való figyelembevétele teljesen áttekinthetlenné tenné az eredményeket.

Az ábrák értékelésénél kétféle szempontból indulhatunk ki.

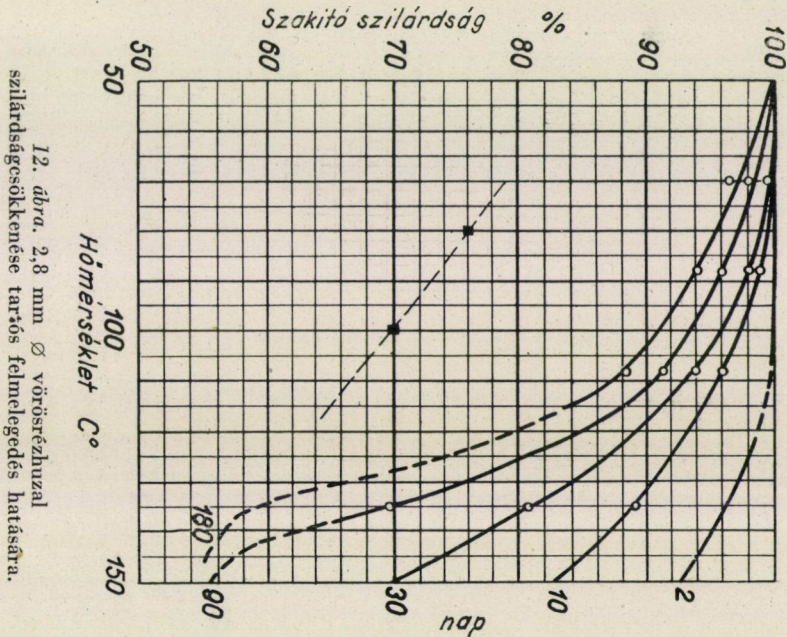
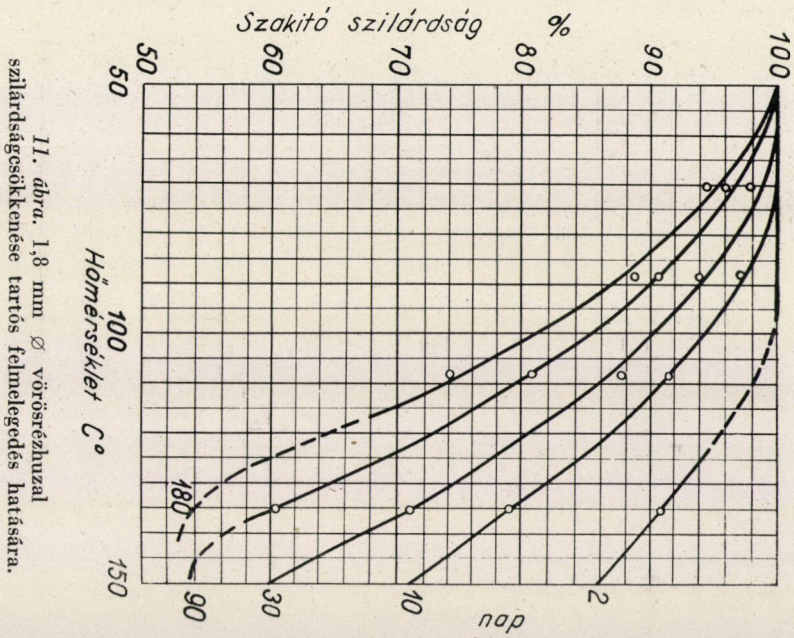


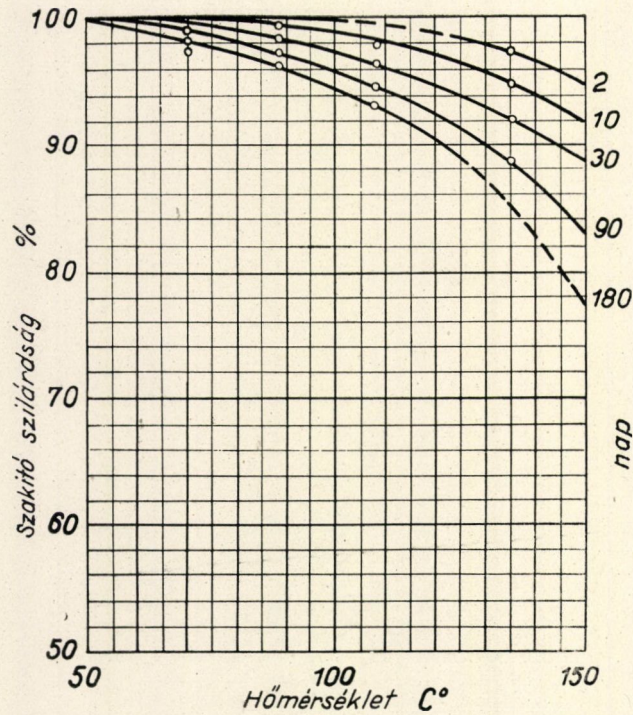


9. ábra. 1,8 mm  $\varnothing$  nemesített alumíniumhuzal szilárdságsökkenése tartós felmelegedés hatására.

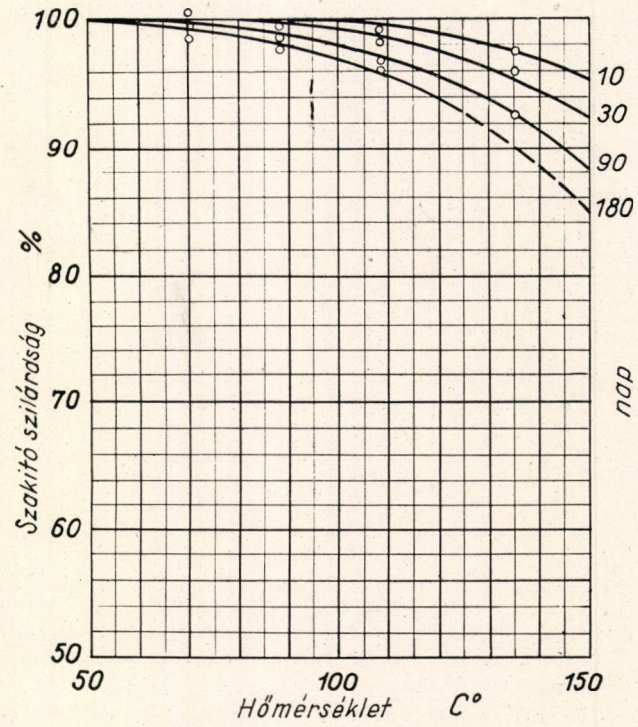


10. ábra. 2,8 mm  $\varnothing$  nemesített alumíniumhuzal szilárdságsökkenése tartós felmelegedés hatására.

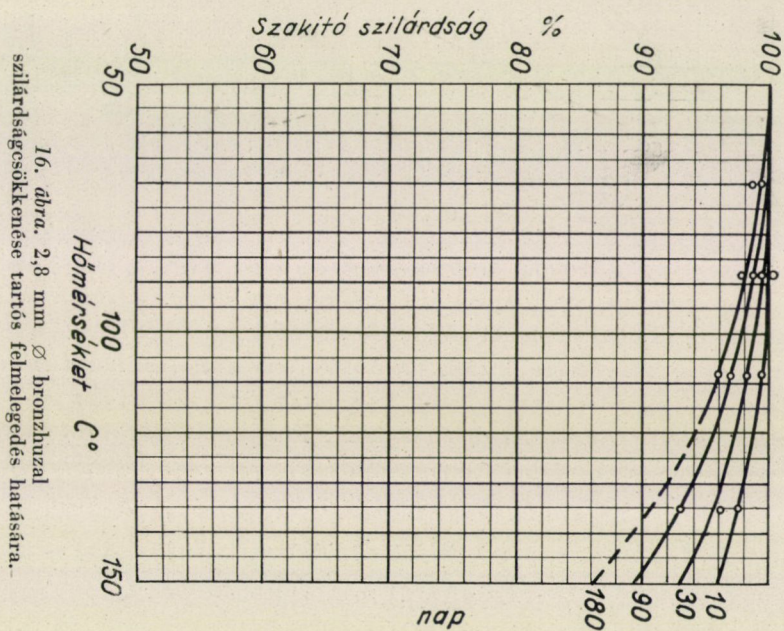
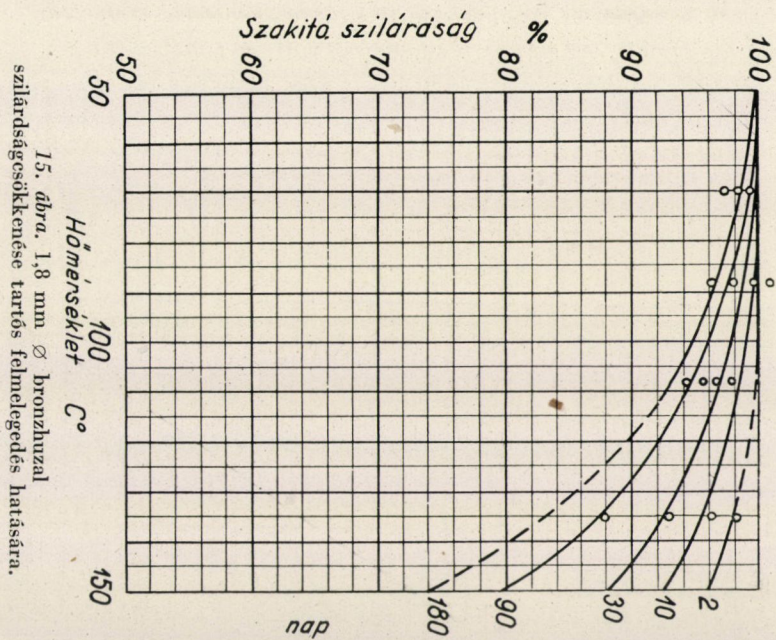




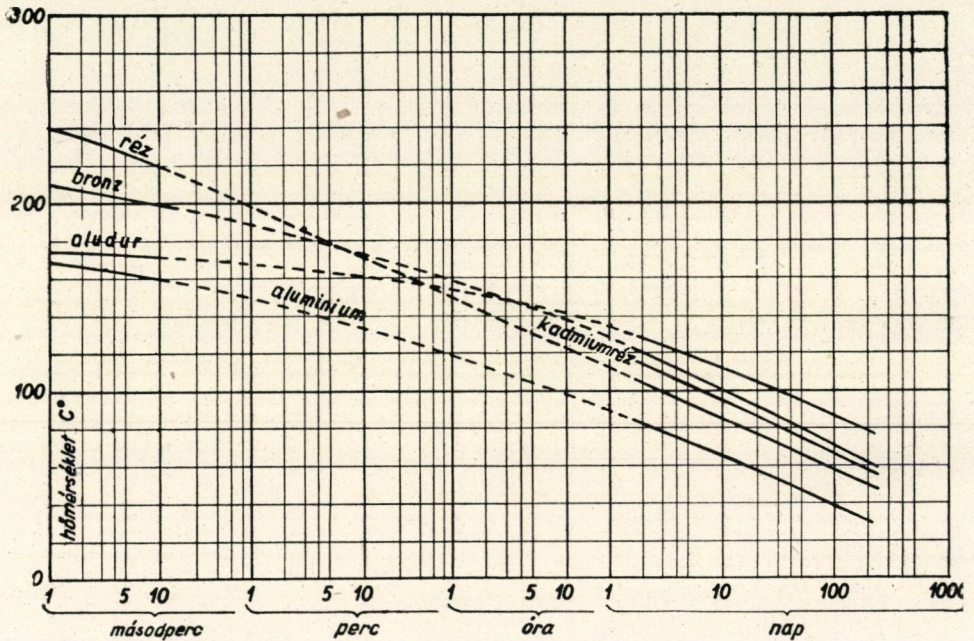
13. ábra. 1,8 mm  $\varnothing$  kadmiumrézhuzal szilárdságsökkenése tartós felmelegedés hatására.



14. ábra. 2,8 mm  $\varnothing$  kadmiumrézhuzal szilárdságsökkenése tartós felmelegedés hatására.



1. Az egyik szempont az, hogy melyik az a hőmérséklet-határ, amely alatt nem történik kilágyulás. Általános hiedelem szerint ez a határ  $80^{\circ}\text{C}$ . A 7—16. ábrákból azonban azt láthatjuk, hogy ez a határ nem egységes, hanem nagymértékben függ az anyagtól és a hőhatás időtartamától. Noha az azonos átmérőjű és anyagú huzaloknak különböző hőfokú, de azonos időtartamú vizsgálatához az összes mérésekből csak oly kis hányad jutott, hogy e görbéknek éppen a kiindulása a 100%-os szilárdsági értékből meglehetősen bizonytalan a kevés



17. ábra. A szilárdságsökkenés kezdetének küszöbhőmérséklete a melegítésvétel időtartamának függvényében.

mérési pont miatt, e kiindulási hőfokhatárokat (ahol tehát a kilágyulás megkezdődik) mégis meg kellett állapítani. Az alumíniumnál és az aludurnál (nemesített alumínium) ez könnyű, mert csak a görbék egyenes részét kellett a 100%-os ordináta-tengelyig meghosszabbítani. A többi anyagnál ez körülményesebb, mert ezeknél a szilárdsökkenés nem meghatározott hőmérsékleten, hanem folyamatosan, szinte észrevétlenül kezdődik. Ezeknél tehát úgy jártam el, hogy 1% szilárdságsökkenéshez tartozó hőfokokat vettem figyelembe. A kapott eredményeket a 17. ábra jobboldalán levő folytonos vonalak tüntetik fel.\* Az ábra baloldalán — a teljesség kedvéért — az 1.—5. ábrákból vett 1 és 10 mp

\* Az ábrán az 1,8 mm  $\varnothing$  huzalok adatait tüntettem fel. A 2,8 mm  $\varnothing$  huzalok ennél kisebb-nagyobb mértékben, de nem számottevően kedvezőbbek.



közötti adatokat tüntettem fel, ugyancsak folytonos vonallal. E két mérés-csoport közötti (10 mp—2 nap) szakaszt, amelyre nincs mérési adatunk, interpolálva szaggatott vonallal húztam be. Az ábrából világosan láthatók az alábbiak:

a) Amíg a rövid ideig tartó (zárlati áram) igénybevétel szempontjából a minőségi sorrend így alakul:

réz, bronz, aludur, alumínium,

addig a tartós igénybevétel (túlterhelés) szempontjából ez a sorrend megváltozik: aludur, bronz (kadmiumréz), réz, alumínium.

Az acéalumínium az alumíniummal azonos görbét jelent, mert a megengedhető hőfokot itt az alumínium szabja meg.

b) Az igénybevétel időtartamától függően valamennyi vezetőanyag már 80° C alatt is kezd lágyulni, mégpedig

az aludur 180 napig,

a bronz 50 napig,

a kadmiumréz 30 napig,

a réz 15 napig tartó, míg

az alumínium 2,5 napig tartó meleghatásra.

c) A tárgyaltnál hosszabb, pl. 200 napig tartó meleghatásra az egyes anyagok csak akkor veszítenek eredeti szilárdságukból, ha

az aludur hőfoka a ..... 78° C,

a bronz hőfoka a ..... 62° C,

a kadmiumréz hőfoka a ... 57° C,

a réz hőfoka a ..... 50° C,

az alumínium hőfoka a .... 30° C hőmérsékletet nem lépi túl.

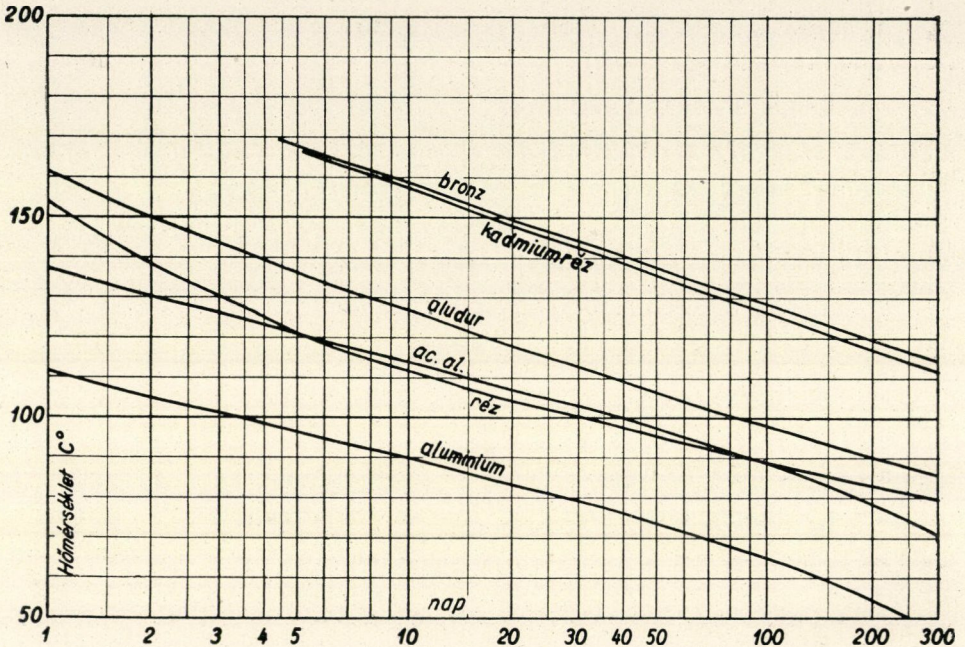
Mint hogy a vezető hőfoka nyáron a meleg nappali időszakban még terheletlenül is eléri a 35—40° C-t és terhelve 50—60° C-ra könnyen felmelegedhetik, nyilvánvaló, hogy az alumínium és az acéalumínium vezetők (évi 100 napos nyári napot 0,4—0,5-del véve) 4—5 évi üzem után már lassan kezdenek eredeti szakítószilárdságukból veszíteni. Ebből a szempontból az aludur legelőnyösebb még a réznél és bronznál is jobb.

2. A másik szempont az, hogy ha a vezető túlterhelése elkerülhetetlen, melyik anyag viselkedik előnyösebben? Erre a kérdésre megint a 7—16. ábrák adnak feleletet, amely azonban ebben az esetben sem teljesen egyértelmű:

a) ha ugyanis csak kismértékű túlterhelést nézünk, pl. azt vizsgáljuk, hogy milyen hőmérsékleten mutatnak az egyes anyagok 10% szilárdságcsökkenést

akkor — ugyancsak az 1,8 mm-es, kedvezőtlenebb huzalra\* nézve lásd 18. ábra — a minőségi sorrend a következő :

bronz, kadmiumréz, aludur, réz, ac.al., alumínium.



18. ábra. 10% szilárdságsökkenést előidéző tartós melegigénybevétel összetartozó hőfok-idő értékei 1,8 mm  $\varnothing$  vezetékhez.

Amíg az acélalumíniumnál maga az alumínium 20% szilárdságsökkenést szenvedhet, addig a kb. hatszoros szilárdságú, de hatod keresztmetszetű acélból nem követi ezt a csökkenést s így adódik kb. 10%-nyi eredő szilárdságsökkenés.

b) Nagyobb mértékű kilágyulás esetén, amely pl. 30% szilárdságsökkenést eredményez, a minőségi sorrend így alakul :

kadmiumréz, bronz, réz, acélalumínium, aludur, alumínium.

c) Végül a teljes kilágyulás szempontjából a sorrend a következő : acélalumínium, réz, alumínium, kadmiumréz, bronz, aludur.

Fenti megfigyelésekből az látszik, hogy a nagyszilárdságú ötvözött anyagok százalékos szilárdságsökkenése a teljes kilágyulás során igen nagyfokú és ez a magyarázata annak, hogy az egyébként oly kiváló aludur és a bronzfélék a c) esetben az utolsó helyre szorulnak.

\*A 2,8 mm  $\varnothing$  huzal adatai alumíniumnál és aludurnál csak lényegtelenül térnek el ettől, ezzel szemben a réz, bronz és kadmiumréz esetében az eltérés 15–20° C nagyságú, természetesen kedvező irányban.

### Következtetések

Az 1. a)-c) pontok alapján levonhatjuk azt a következtetést, hogy az alumíniumnak szabadvezetékhez való alkalmazása még az acélalumínium formájában is helytelen, mert a vezeték normális üzeménél már néhány év alatt elkerülhetetlen a szilárdság csökkenése; szemben az aludurral, amely ebből a szempontból nem ilyen kényes. Nagymértékben alátámasztja ezt az álláspontot az a körülmény is, hogy az aludur nyúlása a szabvány (MOSZ 142. és 143.) szerint is közel kétszerese, a valóságban pedig kb. háromszorosa az alumíniuménak, azaz szívóssága is ilyen mértékben nagyobb.

A 2. c) pont alapján viszont az aludur teljes kilágyulása még az alumíniuménál is nagyobb és emiatt rosszabb az acélalumíniumnál. Ebből viszont az következik, hogy olyan esetben, amidőn fennforog a teljes kilágyulás veszélye, aludur és acélalumínium helyett általánosan *acélaludurt* kell alkalmazni, amely e kétféle sodrony hátrányait jelentősen csökkentve, előnyeiket egyesíti.

### *Irányelvek a vezető legnagyobb megengedhető hőmérsékletére*

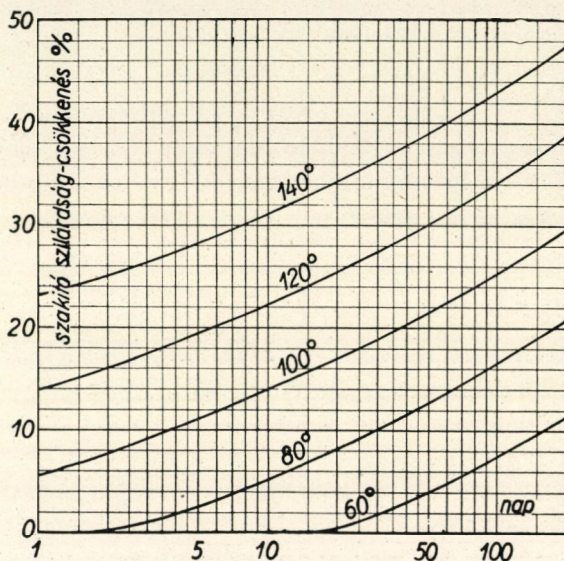
A fentiekben mindenütt a vezető hőmérsékletéről volt szó, azonban az üzemben ez ismeretlen: nem mérjük. Amit mérni szoktunk, az a vezető terhelő áram. Az irodalomban számos adat van arra vonatkozólag, hogy milyen összefüggés van a vezető hőfoka és a terhelő áram között, s ezért e kérdéssel itt nem foglalkozunk, s a vezető hőátadási tényezőjét ismertnek tesszük fel. Így módon tehát, ha a környező levegő hőmérsékletét ismerjük, akkor minden áramerősséghez egyértelműen meg tudjuk állapítani a vezető hőmérsékletét és valamely  $t$  ideig tartó állandó áramerősség esetén ebből és a 6—17. ábrából a kilágyulás mértékét is.

A gyakorlatban azonban mind a levegő hőmérséklete, mind pedig az áramerősség tág határok között változik. Ha az előbbire becslés alapján valamely értéket veszünk, akkor is fennmarad a probléma, hogy a különböző ideig tartó és különböző nagyságú áram okozta különböző hőfok mekkora eredő szilárdságcsökkenést okoz? Sajnos ez a feladat az egyes anyagoknak itt ismertetett állandó hőfok mellett felvett jellemzőiből nem állapítható meg egyértelműen, mégpedig három okból.

Az egyik az, hogy a kilágyulás kezdete és mértéke még azonos hőmérsékleten sem egyértelmű függvénye az időnek. Nézzük pl. az 1,8 mm  $\varnothing$  alumíniumhuzalnak a 7. ábrából levezethető szilárdságcsökkenését az idő függvényében 5 különböző állandó hőmérsékleten (19. ábra). Látjuk, hogy 60 és 80° C hőmérsékleten néhány napig a szilárdság nem csökken. De amint túlléptünk egy bizonyos nagyságú »küszöbidőre«, a szilárdság attól kezdve csökken. Az anyagban tehát valami változás ment végbe, ami előidézte azt, hogy e küszöbidő után a szilárdság csökkenni kezd. Nem tudjuk azonban e mérésekből megállapítani, hogy ha a

küszöbidő elérése előtt megváltozik a hőmérséklet, akkor mi lesz annak a hatása. Vajjon az új hőmérsékleten is reagál-e az anyag a megelőző rejtett változásra és ha igen, milyen mértékben fog ez érvényesülni?

A másik ok az, hogy a kilágyulás ha már elkezdődött, nem lineáris függvénye az időnek (19. ábra). Ennek következtében azonos hőmérsékleten történő melegítés elején valamely  $t_1$  időszak egészen más mértékű szilárdságcsökkenést okoz, mint később ugyanakkora  $t_1$  időszak. Ha továbbá időközben a hőmérséklet



19. ábra. 1,8 mm  $\varnothing$  alumíniumhuzal százalékos szilárdságcsökkenése különböző hőfokoknál az idő függvényében.

is megváltozik, nem tudjuk azt sem, hogy az előző hőmérsékleten eltöltött időnek befolyása az új hőmérsékleten bekövetkező szilárdságcsökkenést milyen mértékben fogja megváltoztatni. (Ez a probléma igen hasonlatos az előzőhöz).

A harmadik ok pedig az, hogy ha fel is lehetne bontani a változó áramerősséget egy állandókból összetett lépcsős görbére, amelyek mindegyikére külön ki lehetne számítani a szilárdságcsökkenést, akkor sem tudjuk, hogy ezek a rész-szilárdságcsökkenések hogyan adódnak össze.

Mindezekből azonban az is következik, hogy a kilágyulás mértékére nézve az sem közömbös, hogy a változó áramerősség milyen sorrendben változik. Más kilágyulást eredményez az — egy egészen egyszerű két lépcsőből álló példát véve —, hogy ha  $t_1$  ideig hat  $I_1$  áram és utána  $t_2$  ideig  $I_2$  áram és megint mást az, ha először hat  $t_2$  ideig az  $I_2$  áram, majd utána  $t_1$  ideig az  $I_1$  áram.

Bele kell tehát nyugodnunk abba, hogy a 7—16. ábrákon feltüntetett kísérleti eredmények egyedül nem elegendők ahhoz, hogy változó hőmérséklet eredő szilárdságcsökkenését kiszámítsuk.

Szerencsére a valóságban erre nincs is nagy szükség, mert a cél az, hogy az egyszer megépített vezetéket mindig csak annyira terheljük, hogy szilárdsága üzem közben lényegesen ne romoljék. Ennek a megítéléséhez pedig a fenti kísérleti adatok alapján megszerkesztett 17. és 18. ábrák többé-kevésbé elegendő támpontot nyújtanak.

Itt csak az a baj, hogy a tervező, de különösen az üzemi szakember nem tud ennyi határozatlan problémával mihez kezdeni és nem lehet tőle azt kívánni, hogy esetenként mérlegelje a sokféle változó körülmény befolyását a vezető terhelhetőségére. E szakemberek feladatát nagyon megkönnyítené valamilyen irányelv kibocsátása, amely ha nem is egészen pontosan a valóságnak megfelelően, de legalább nagyságrendben határozott útmutatást nyújtana arra vonatkozólag, hogy különböző zárlati és üzemi viszonyok között a különböző vezető anyagoknál mekkora legnagyobb hőmérséklet engedhető meg. Egy ilyen irányelv céljára természetesen nem lehet az üzemi esetek rendkívül sokféleségét mind kidolgozni. Ennél sokkal célravezetőbb kevésszámú, de jellemző esetre nézve útmutatást adni. Ennek megfelelően azt javasolom, hogy egy ilyen irányelv kiindulási alapja az alábbi legyen :

Öt különböző időtartamú terhelésből induljunk ki, mégpedig két zárlati, egy zúzmaraolesztési és két üzemi terhelésből :

1. *korszerű gyorsvédelem* esetén legyen az átlagos zárlati idő 0,5 másodperc ;
2. *független időlépcsőzésű*, vagy egyéb időlépcsőzésű védelem esetén legyen az átlagos zárlati időtartam öt másodperc ;
3. zúzmaraolesztőáram, átlagosan 1 óra időtartammal ;
4. rövid ideig tartó csúcsterhelésű, 4 500 óra csúcskihasználás alatti üzemi terhelés ;
5. hosszú ideig tartó csúcsterhelésű 6 000 óra körüli csúcskihasználású üzemi terhelés.

Az üzemi terhelések általában figyelembevehetők egy nap folyamán, úgy, mintha csupán az egy bizonyos ideig ható csúcsterhelés melegítené a vezetőt és a nap többi részében levő terhelés (illetve a vásár- és ünnepnap terhelés egész nap) a vezetőre már nem gyakorolna szilárdságcsökkentő hatást. Ha ugyanis ezekben az időszakokban az áramerősség a csúcsterhelésnek pl. 70%-a, akkor már a fejlődő meleg a csúcsterheléshez képest csak 49%. Ha tehát a csúcsterheléshez a vezetéket úgy méretezzük, hogy annak éveken keresztül semilyen vagy csak nagyon kis kilágyító hatása van, akkor feltehető, hogy fél melegítő hatás mellett szilárdságcsökkenés egyáltalán nem fog jelentkezni. A számításához szükséges még azzal a feltevessel is élnünk — ami egyébként valószínűleg elég jó közelítéssel igaz is —, hogy az ismételt igénybevételek okozta szilárdságcsökkenés azonos az egyes igénybevételi idők összege alatt, mint tartós igénybevétel hatására bekövetkező szilárdságcsökkenéssel. Kérdés már most az, hogy mennyi időre vegyük figyelembe a tartós terhelést? A veze-

téknek hány évi üzemére? Hogy túlzott biztonsággal gazdaságtalan irányba ne jussunk, meg kell gondolnunk azt, hogy általában valamely új vezeték az első években nem szokta elérni terhelhetőségének határát. Válasszuk ezt az időszakot öt évre. Feltehetjük továbbá, hogy egy vezeték üzembehelyezésétől számított 20 év után, ha a vezetőanyag eredeti szilárdsága 10%-kal csökken, akkor a vezeték még hosszú évekig üzemben tartható és vezetőcserére legfeljebb akkor kerül sor, amidőn a vezeték már amúgy is elavultnak és amortizáltnak tekinthető. Így módon tehát elegendő 15 év együttes igénybevételét figyelembe venni.

Ezt a 10% szilárdságcsökkenést azonban csak az üzemi terhelésre szabad megengedni. A zárlatok és a zúzmaraolvasztás ugyanis az üzemi terhelésen túlmenően veszik igénybe a vezetőt, s mivel az előzőekben kifejtettek szerint mai ismereteink alapján az ilyen kétféle igénybevétel által okozott eredő szilárdságcsökkenést nem tudjuk megállapítani, azért biztonság kedvéért a zárlati igénybevételhez és a zúzmaraolvasztáshoz olyan hőmérsékletet szabad csak megengedni, amely önmagában szilárdságcsökkenést még éppen nem okoz.

A fentebb 1—5. pontban felsorolt öt terhelési esethez a következő — egyenértékűnek tekinthető — tartós terhelési idők tartoznak :

1. évi 8 zárlatot feltéve 15 év alatt :

$$t = 1 \text{ perc ;}$$

2. évi 8 zárlatot feltéve :

$$t = 10 \text{ perc ;}$$

3. évi 8 zúzmaraolvasztást feltéve :

$$t = 5 \text{ nap ;}$$

4. évi 240 napon, napi két órás állandó csúcsterhelést feltéve :

$$t = 300 \text{ nap ;}$$

5. évi 300 napon napi 16 órás állandó csúcsterhelést feltéve :

$$t = 3\,000 \text{ nap.}$$

Az 1., 2. és 3. eset leolvasható a 17. ábrából. A 4. eset leolvasható a 18. ábrából. Az 5. eset a 18. ábra lineáris extrapolációjával állapítható meg ; természetesen ebben már elég nagy bizonytalanság van. A 18. ábrából azonban csak a homogén anyagú vezetőkre kapunk adatokat. Az 1 : 6 keresztmetszeti arányú szabványos szerkezetű ac. al. vagy ac. aludur sodronyokhoz a 7—16. ábrák alapján a 18. ábrához hasonló ábrát kell szerkesztenünk 20% szilárdságcsökkenésre. Ez felel meg kb. az összetett sodrony 10%-os szilárdságcsökkenésének.

Az így nyert eredményeket a III. táblázat tartalmazza. E táblázatból látható, hogy mennyire helytelen az az általános gyakorlat, amely a zárlati igénybevétel kilágylító hatását egyetlen zárlat terheléséből vezeti le és az, amely az üzemi terhelőáram nagyságát az anyagtól és a terhelés időtartamától függetlenül 80° C legnagyobb megengedett hőmérsékletből számítja ki.

A III. táblázat alapján lehetővé válik ezen öt jellemző zárlati, illetve üzemi esetre nézve különböző levegőhőmérsékletek alapulvételével a különböző anyagú és keresztmetszetű sodronyok legnagyobb megengedhető áramerősségeit a számos kutató által már megállapított hőátadási tényezők figyelembevételével kiszámítani és táblázatokba foglalva a tervező és üzemi szakemberek rendelkezésére bocsátani. Ez azonban már nem képezi e tanulmány feladatát, itt csupán a fenti hőmérsékleti határok problémáját kívántuk tisztázni.

III. táblázat

Legnagyobb megengedhető vezetőlámpák hőmérsékletek C°					
Anyag	1	2	3	4	5
	Gyors védelem esetén	Független -vagy egyéb időlépcsőszerű védelem esetén		Rövid ideig tartó csúcs-terhelésű, 4500 óra csúcskih. óra alatti	Hosszú ideig tartó csúcs-terhelésű, 6000 óra körüli csúcskih. használási
	zárlati terhelésre		Zúzmaravoltosztási terhelésre	üzemi terhelésre	
Bronz .....	190	173	109	115	85
Kadmiumréz ...	185	168	104	112	82
Acélaludur .....	168	160	118	106	85
Aludur .....	168	160	118	86	65
Réz .....	198	172	95	80	65
Acélalumínium .	150	135	73	71	58*
Alumínium ....	150	135	73	45	38*

\* E két értéknél a 3000 napra történő extrapolációt a 18. ábra 50 napnál rövidebb idejű tartományából végeztük, mert ellenkező esetben valószínűtlenül alacsony értékekre jutnánk.

## IRODALOM :

1. H. Schmitt : ETZ. 1928. 684. oldal.
2. F. Wöhr : VAW-Hauszeitschrift 1931. 271. oldal.
3. H. Bohner : Z. Metallk. 20. évfolyam.
4. »Alumínium Freileitungen« 5. kiadás, 240. oldal.
5. M. Thomas : Bull. Schw. El. Ver. 1934. 103. oldal.

## KÖNYVSZEMLE

*Póczy Mihály*: »*A vasúti felépítmény számítása*« című munkája (megjelent a Magyar Tudományos Akadémia kiadásában 1950-ben).

Ez a tanulmány a vasúti felépítménynek a terhelés alatt kifejlődő kis mozgásai elemzéséből kiindulva a sín és keresztalaj keresztmetszeteire ható legnagyobb eredő erők és nyomatók meghatározására alkalmas, olyan képlet-sorozatokat levezetését mutatja be, amelyekben minden rugalmas ellenállás az eredményre gyakorolt hatásának megfelelő mértékben jut kifejezésre. Ezért nevezzük ezt a számítási eljárást »a rugalmas ellenállások módszeré«-nek.

Ezek között a rugalmas ellenállások között elsőrendű szerepet játszik a sín és keresztalaj igénybevételeinek kialakításában az az *ellenálló nyomatók*, amelyet az ágyazás fejt ki a keresztalaj talpának szabad elfordulásával szemben. 80 év óta a műszaki irodalomban közölt felépítmény-számítási módszerek legnagyobb része számol ugyan a keresztaljak rugalmas besüllyedése közben a talpak alsó felületén ébredő ágyazási nyomással, de ezt a nyomást mindig csak szimmetrikus megoszlású erőrendszer eredőjeként, centrikusan ható reakció-erőképpen vette számításba és figyelmen kívül hagyta ennek azt az excentricitását, amelyből ellenálló nyomatók is származik.

Szerző kimutatja, hogy az a lényeges különbség, amely az eddig használatos módszerekkel számított értékek és a kísérleti eredmények között szembeötlően mutatkozott, ennek az ellenálló nyomatóknak az elhanyagolásából következik.

*A sín* számítására a már bevezetett »helyettesítő hosszartó« módszert alkalmazza a fenti alapelvnek megfelelő átalakításokkal. Ennek megfelelően a levezetett új képletsorozatban az ellenálló nyomatók hatása két új »alapérték« bevezetésével jut kifejezésre. Ezért a módszer gyakorlati alkalmazásához két kísérleti állandó ismerete szükséges, míg az eddig használatos módszerek képleteiben csak egy ( $C \text{ kg/cm}^3$ ) tényező függ az ágyazás rugalmasságától. Éppen ebben a látszólagos hátrányban rejlik az ellenállások módszerének az az előnye a többiekkel szemben, hogy ezzel a módszerrel könnyebb követni a kísérleti eredményeket, azaz a sín *valóságos erőjátékának* kifejezésére alkalmasabb, mert simulékonyabb az eddig használatos számítási eljárásoknál.

*A keresztalaj* számítására kidolgozott új módszer két új szempontot juttat érvényre. Az egyik itt is az, hogy helyes eredmény csak az ellenálló nyomatók



hatásának számbavételével érhető el, amikor is — keresztalj számításakor — a vágány tengelyére merőleges irányú talpsíkban megoszló, reakció talpnyomások ellenálló nyomatékával kell számolni. A másik új szempont pedig az, hogy ezeknek a talpnyomásoknak a megoszlási alakja — szemcsés anyagú ágyazatban — *harangalakú* görbének felel meg. Ennek a két új elvnek az alapján levezetett képletsorozat helyességét egy kísérletsorozat eredményeinek felhasználásával igazolja, végül több példán mutatja be az új számítási módszer gyakorlati alkalmazását.

*Zilahi Márton* professzor »*Szálás anyagok nyújtásának elméletek*« című munkája (megjelent a Magyar Tudományos Akadémia kiadásában 1951-ben) 250 oldalon tárgyalja a textilanyagok gyártásának legnagyobb problémáját, a nyújtást.

A legnagyobb arányú külső jellegbeli változás a textilnyersanyagokon fonás közben észlelhető. Az átalakító folyamatot főleg a nyújtás, az elemi szálaknak előírt rendezését pedig az egymás utáni megfelelő nyújtás biztosítja. A fonógépek erre a célra konstruált szerkezeti részeit nyujtóműveknek hívjuk s velük a kitűzött feladatot jól, rosszul elvégezzük.

A textiltégek szerkesztése során mindinkább előtérbe került a nyújtás problémája. Tapogatózó kísérletek után aránylag korlátolt fejlődésig jutottak el gépeink, s magáról a nyújtás folyamatáról csak sejtéseink vannak. A kísérletezések és kutatások évtizedek óta folynak, de még olyan egyszerű jellemzőre mint a fonalegyenlőtlenség, sem volt meg a megfelelő egyértelmű megjelölés, amivel a nyújtás hatásfokát mérhettük volna. Arra vonatkozóan pedig, hogy az egyes textil nyersanyagok különböző gyakoriságú elemi szálai nyújtás közben hogyan viselkednek, egyáltalán nem voltak ismereteink. Itt rá kell például mutatni arra, hogy olyan ismert textilszakember, mint Johannsen, kinek munkája minden fonó előtt ismert volt, a stapel-diagrammot úgy fogta fel, mintha az volna az elemi szálak elhelyezkedése két nyujtóhengerpár érintkezési vonalán a nyujtómezőben, holott a mindenkori fonalkeresztmetszetben levő elemi szálak a régebben ismert »*demie barbe*« félszakáll alakját mutatják hosszúság szerinti rendezésben, bármely nyujtóhengerpár érintkezési vonalától jobbra-balra.

A nyújtásra vonatkozó vizsgálatok nagyon sokrétűek s számos kutató messze jutott a vizsgálatok során. A vizsgálatokról megjelent beszámolók két hibát mutatnak fel. Egyrészt nem rekapitulálják a multban végzett kutatások eredményeit, másrészt olyan magas matematikai felkészültséggel lépnek az olvasó elé, hogy legtöbbször visszariadnak a fáradságos munkától, melyet az előzetes irodalom és a magasabb matematika utántanulása okoz. Mindezekről függetlenül mindegyik kutató teljesen önálló irányban vezeti vizsgálatait. Azok koordinálására nem került sor, mert a felkutatásra váró terület még óriási s a nyújtásproblémáknak számos megoldatlan kérdése van. Sem külföldi, sem bel-

földi vonatkozásban olyan munka nem akadt, mely a szálanyagok nyújtásának problémáját egyvonalúan a szakember elé tárta volna. Ha mindezen szempontokat magunk előtt tartjuk és így olvassuk a megjelent könyvet, úgy vitán felül áll, hogy Zilahi Márton prof. hézagpótló munkát végzett el.

A fonószakemberek alig vagy semmit sem tudtak a fonalak külső és belső, a rövid és hosszútávú egyenlőtlenségekről. A stapel-diagramm félrevezető alakjából várták a nyújtási eredmények magyarázatát. Nem volt ismeretes a sodrat elemi-szál-visszatartó hatása, nem volt ismeretes sem a két, sem az egyszíjas nyújtóművek nagynyújtásban játszott szerepe. Nem tudták a fonók azt sem, hogy a nyújtási eljárásoknak olyan véges határa van, melyet a Poisson-féle statisztikus eloszlás alapján ki lehet számítani s hogy egyenletesebb fonalat, mint ilyen úton kiszámítható, semmiféle eljárással nyerni nem lehet. Minderre a könyv részleteiben mutat rá.

A könyv felépítésében sorrendben megtalálhatjuk a nyújtási elméleteket azok összefüggésében, a nyújtás hatását vizsgáló módszereket, a különböző nyújtóműveket és elemeiket, végül a nyújtás hatását vizsgáló magasabb matematikai módszereket.

A fenti könyvszerkezeti felépítési sorrendben talán előnyösebb volna, ha a bevezető, a nyújtás fogalmának általános ismertetése után, közvetlenül a matematikai statisztikai módszerekre tért volna rá. A nyújtás elméletei t. i. főleg ezekre támaszkodnak. A nyújtás elméleteinek megszakított tárgyalási menete a könyv visszaforgatását teszi helyenként szükségessé, azonban nem csökkenti a munka értékét, mert szerteágazó, egymással össze nem kapcsolt, részleteiben is nehezen érthető kutatási területeket világít meg oly módon, hogy a fonószakembereink részére hosszú évekig vezérfonalként használható könyvet s támpontot jelent.

Zilahi Márton munkája kétségkívül sok további kutatásra fog ösztönzést adni. — Jelenleg túl sok szerkezeti elemmel érjük el fonási célunkat, a fonalat; még számos szerkezetünk van, melyről sem azt nem tudjuk, jó-e, sem hogy rossz-e. E kérdések eldöntéséhez ez a könyv jó kiindulási anyagnak szolgál.

Gangli Boldizsár

*Oltay Károly* : »*A budapesti invárdrótmérés*« című munkája (megjelent a Magyar Tudományos Akadémia kiadásában 1951-ben).

Az országos háromszögelési hálózatban, vagy önálló háromszögelési hálózatokban az egyes alappontok helyzetét általában szögek mérésével állapítjuk meg. A szögmérések azonban csak a hálózat alakját határozzák meg. Ahhoz, hogy az egyes alappontok távolsága is ki legyen számítható, a főhálózatban legalább egy oldalnak a hosszát is meg kell határozni. Ritka eset, hogy egy ilyen főhálózati oldalnak a hosszát közvetlenül megmérhessük. Eltekintve attól,

hogy az országos főhálózatban az oldalhossz átlagosan 30 km, kisebb önálló hálózatokban gyakran 10 km-nél is nagyobb, a két háromszögelési pont között a terep rendszerint nem alkalmas a szabatos hossz mérés végrehajtására. Ezért a kiszemelt háromszögoldal közelében megfelelő tereprészen kijelölünk egy alapvonalat. Ennek hosszát szabatosan megmérve, a háromszögoldal hosszát alapvonalfejlesztéssel, szögmérésekkel vezetjük le. Természetesen az alapvonalnak is megfelelő hosszúnak kell lennie és olyan elhelyezésűnek, hogy a kifejlesztés alkalmasan legyen végrehajtható. Az alapvonal hosszának a mérése különleges berendezéssel, a korszerű eljárásnál invárdrót mérőeszközzel történik. A mért hosszúságnak legalább  $1/2\ 000\ 000$  pontosságúnak kell lennie, ami km-ként 0,5 mm-t jelent.

Budapest 1932-ben megkezdett felméréséhez a volt Állami Földmérés Háromszögelő Hivatala (ma Országos Földméréstani Intézet felsőgeodéziai osztálya) önálló háromszögelési hálózatot fejlesztett ki, amelyben az alapvonalat Oltay Károly vezetésével tanszékének tagjai mérték. Erről az alapvonalmérésről és ennek nagyjelentőségű tapasztalatairól írta meg munkáját Oltay Károly.

Az I. rész az alapvonal és a használt műszerek leírása. Abban az időben Magyarországnak nem volt invárdrót felszerelése. A szükséges berendezést a finnek kölcsönözték a munkához. Igen érdekesek a drótok instabilitására végzett vizsgálatok.

A II. rész az alapvonal mérés végrehajtását mondja el. Részletesen foglalkozik a komparálással és a mérés sebességével. Ismerteti a mérési eredmények redukálását, mint a ferdén mért távolságok redukálását a vízszintesre, a drót által felvett kötélgörbe alak behajlásváltozása, a hőmérsékletváltozás, a drót-állandók, a feszítőerő változása, a nehézségi gyorsulás változása és a skálák megnyúlása miatti redukciókat. Ennél a munkánál került először gyakorlati alkalmazásra a hajlás és a drótgörbe-deformálódás hatásainak számítására a két magyar professzor, Esztó Péter és Tártsy-Hornoch Antal által levezetett képlet, melyet azóta már több más ország is alkalmazott.

A III. rész az alapvonal mérés végeredményét és a pontossági vizsgálatokat ismerteti. A mérési eredmények különféle csoportosításából különféle érdekes megállapítások vonhatók le. Így különösen figyelemreméltó az észlelők egyéni hibáinak vizsgálata.

A mű részletesen tárja eléink az alapvonal mérés fontos munkájának minden fázisát. A közölt eredményekből is megállapíthatjuk — amit egyébként mi szakemberek, akik ennek az alapvonalnak az eredményeit a budapesti háromszögelési hálózatnál felhasználtuk, már eddig is tudtunk — hogy a budapesti alapvonal mérést nagy szaktudással és igen gondos munkával hajtották végre. És amilyen gondos volt ez a munka, épp olyan áttekinthető módon nyújtja át Oltay Károly gazdag tapasztalatait elsősorban a jövő alapvonalmérőinek, de minden szakembernek és érdeklődőnek is.

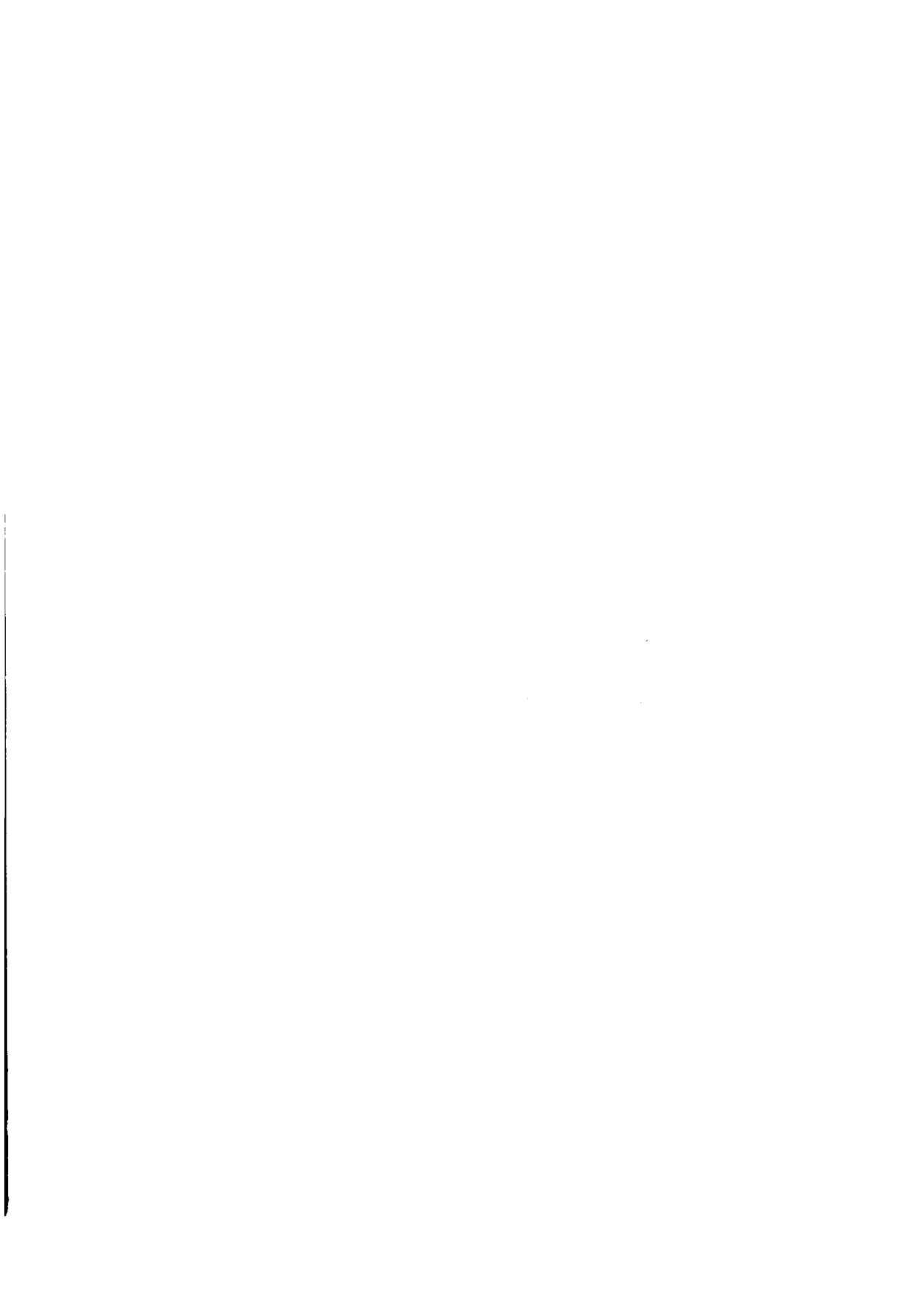
*Hazay István*

## TARTALOMJEGYZÉK

A kritika és az alkotó viták kifejlesztéséért a műszaki tudományok terén.....	3
<i>Rázsó Imre</i> : Szántóföldön lefolyó gördülési jelenségek és mezőgazdasági vonatkozásaik	7
<i>Biró Ferenc</i> : A termelés néhány időszerű kérdése marxista megvilágításban .....	25
<i>Horváth Zoltán</i> : Beszámoló a reeski nyersércvel végzett pörkölési és rézlugzási kísérletekről	45
<i>Gruber József</i> : Szárnylapátos vízgépeknél alkalmazható szárnymetszetek szerkesztése...	71
<i>Geleji Sándor</i> : A kovácsolással kapcsolatos ütközési jelenségek tartama és hatásfoka....	85
<i>Vidéky Emil</i> : Korszerű, nagysebességű és nagyterhelésű bolygóművek tervezése.....	103
<i>Mihailich Győző</i> : Hazai cementek zsugorodásának, a gőzölésnek, valamint a beton és a beleágyazott acélhuzal közti felületi kötésnek vizsgálata .....	159
<i>Diebold Károly</i> : Mikrografálás tekerescsfilme és kisfilmre.....	181
<i>Vajta Miklós</i> : Szabadvezetéki anyagok kilágyulása tartós meleg hatására .....	201

### *Könyvszemle*

- Póczy Mihály* : A vasúti felépítmény számítása.  
*Zilahi Márton* : Szálás anyagok nyújtásának elmélete. Gangli Boldizsártól.  
*Oltay Károly* : A budapesti invardrótmérés és tanulságai. Hazay Istvántól .....



*Ára: 42.— Ft*

Akadémia Kiadó( Budapest, V., Alkotmány-u. 21.) Felelős: Mestyán János

---

Akadémiai nyomda, Gerlőczy-utca 2. — 12572 — Felelős vezető: ifj. Puskás Ferenc

MAGYAR  
TUDOMÁNYOS AKADÉMIA  
MŰSZAKI TUDOMÁNYOK OSZTÁLYÁNAK  
KÖZLEMÉNYEI

II. KÖTET 2—3. SZÁM

SZERKESZTI  
HEVESI GYULA



MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA  
BUDAPEST, 1952

MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA  
MŰSZAKI TUDOMÁNYOK OSZTÁLYÁNAK  
KÖZLEMÉNYEI

SZERKESZTI  
HEVESI GYULA

II. KÖTET 2-3. 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.



MAGYAR  
TUDOMÁNYOS AKADÉMIA  
MŰSZAKI TUDOMÁNYOK OSZTÁLYÁNAK  
KÖZLEMÉNYEI

II. KÖTET 2—3. SZÁM

SZERKESZTI  
HEVESI GYULA



MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA  
BUDAPEST, 1952

Akadémiai Kiadó (Budapest, V., Alkotmány-u. 21.) Felelős: Mestyán János

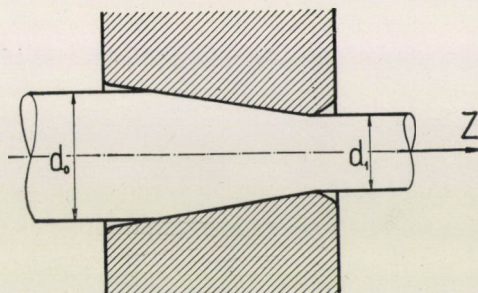
---

Akadémiai nyomda, Gerlóczy-utca 2. — 14842/52 — Felelős vezető: ifj. Puskás Ferenc

# A DRÓT- ÉS RÚDHÚZÁS TÖBB PROBLÉMÁJÁNAK ELMÉLETI ÉS KÍSÉRLETI ADATOKKAL VALÓ MEGVILÁGÍTÁSA\*

GELEJI SÁNDOR

A hidegen húzott drótot (huzalt, rudat) úgy állítják elő, hogy az előhengerelt vagy elősajtolt nyers drótot vagy rudat a drót, vagy rúd anyagának és keménységi állapotának megfelelő keresztmetszetcsökkentések mellett, megfelelően (kúposan) kiképzett, folytonosan kisebbedő keresztmetszetű húzó-



1. ábra.

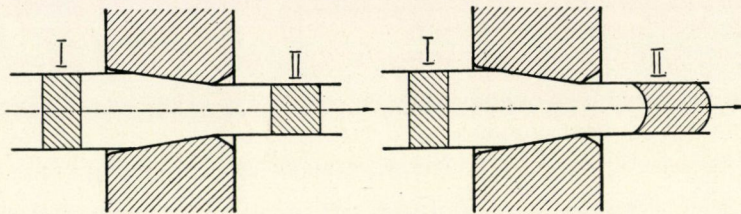
szerszámsorozaton keresztül húzzák (1. ábra). Az ismételt húzások (keresztmetszetcsökkentések) számának a húzás folyamán fellépő keményedés szab határt. Bizonyos nagyságú keresztmetszetcsökkentés után az anyagot, hogy tovább húzható legyen, ki kell lágyítani.

## 1. A hideghúzás elméleti alakítási munkájára és a húzóerőre vonatkozó idegen feltevések

A hideghúzásnak igen nagy irodalma van.<sup>1</sup> Ez az irodalom a drót- és rúdhúzáshoz szükséges elméleti alakítási munkát a következő gondolatmenet segítségével állapítja meg (2. ábra). Képzeljük először azt az ideális esetet, hogy az alakváltozás parallelepipedikus és képzeljük, hogy az alakítás alatt álló test tetszőleges számú testelemre van felbontva. Minden egyes elemi rész

\* Akadémiai székfoglaló.

a húzás következtében az eredeti I. alakból a II-es alakot veszi fel. Először feltételezzük, hogy a húzás folyamán semmiféle veszteség, sem súrlódási, sem a keresztmetszetek elgörbülése, nem lép fel. Az egyes térfogatelemek alakváltozási munkája mennyiségtanilag megfogható és az egyes elemi munkák



2. ábra.

összege az egész test térfogatára adja az egész munkafolyamat munkaszükségletét. Az ideális, vagy elméleti munkát *K. Fink* és *Rejtő S.* után a következőképpen fejezhetjük ki:

$$A_{elm} = V \cdot k_{fk} \cdot \ln \frac{F_0}{F_1}, \quad (1)$$

ahol  $V = F_0 \cdot l_0 = F_1 \cdot l_1$ . Az egyenlet levezetése a vonatkozó irodalomban megtalálható.<sup>2, 3, 4</sup> Az egyenletben  $V$  a húzott darab állandónak feltételezett térfogata,  $k_{fk}$  az anyag alakváltozási szilárdsága,  $F_0$  és  $F_1$  a darab keresztmetszete húzás előtt és után,  $l_0$  és  $l_1$  a darab hossza húzás előtt és után. A keresztmetszetek viszonyának logaritmusosa az alakváltozás mértékét fejezi ki. Az alakváltozási szilárdság melegalakításnál az egész folyamat folyamán állandó, hidegalakításnál, hideghúzásnál, ellenben növekedő alakítási mértékkel növekszik a folyási határ alakváltozás görbéje szerint. 20%-os alakváltozás felett a szakítószilárdság és az alakítási szilárdság görbéje gyakorlatilag egybeesnek<sup>5</sup>. Gyakorlatilag a közepes alakítási szilárdságot a húzás előtt és húzás utáni szakítószilárdság számtani közepével vesszük azonosnak. Ez az érték természetesen csak közelítő érték.

<sup>1</sup> Handbuch der Metallphysik, Bd. 3. *Sachs, G.*: Spanlose Formung der Metalle, Akad. Verlagsges. Leipzig, 1937. *Siebel, E.*: Die Formgebung im bildsamen Zustande, Düsseldorf: Stahleisen, 1932. *Pomp, A.*: Stahldraht, Verl. Stahleisen, Düsseldorf, 1941. *Sachs, G.*: Praktische Metallkunde II. Berlin, Verl. Springer, 1934.

<sup>2</sup> *Siebel, E.*: Die Formgebung im bildsamen Zustande, Düsseldorf, Verl. Stahleisen, 1932. 43. old.

<sup>3</sup> *Pomp, A.*: Stahldraht, Düsseldorf, Verl. Stahleisen, 1941. 51—53. old.

<sup>4</sup> *Pomp, A., Siebel, E., und Houdremont, E.*: Mitt. d. Kais. Wilhelm Inst. f. Eisenforschung, 11. (1929.) 53—72. old.

<sup>5</sup> *Siebel, E.*: Der derzeitige Stand der Erkenntnisse über die mechanischen Vorgänge beim Drahtziehen, Stahl u. Eisen, 1947. 171. old.

Mint hogy az 1. képlet gyakorlati használatra nagyon nehézkes, ezt a kifejezést *Pomp, A., Siebel, E., és Houdremont, E.* ajánlatára egy közelítő képlettel helyettesítjük :

$$A_{elm} = V \cdot k_{fk} \cdot \ln \frac{F_0}{F_1} (=) 4 \cdot \left( \frac{d_0 - d_1}{d_0 + d_1} \right) \cdot V \cdot k_{fk} \quad (2)$$

Az 1. és 2. képletekkel kiszámított alakítási munka egy ideális veszteségmentes alakváltozásra vonatkozik. Ez a képlet nem a dróthúzás műveletéből van levezetve, hanem tulajdonképpen azt a munkát fejezi ki, ami felhasználatik, mikor egy egyenes rudat a két végén működő húzóerővel megnyújtunk. *Siebel* és követői a tulajdonképpen *K. Fink*től származó képletet nem csak a dróthúzásra, hanem a hengerlésre és más képlékeny alakítási folyamatok elméleti veszteségmentes alakítási munkájának meghatározására is alkalmazzák.<sup>6</sup>

Ha a technikai alakítási művelet kapcsán mért és az 1., ill. 2. egyenlettel kiszámított alakítási munkát összehasonlítjuk, akkor jelentős eltérést fogunk találni. Az elméleti alakítási (számított) munka ( $A_{elm}$ ) és a húzáskor mért munka ( $A_h$ ) viszonyát *Siebel, E.* és *Pomp, A.* javaslatára az alakítás hatásfokával fejezzük ki :

$$\frac{A_{elm}}{A_h} = \eta_{alakítási} \quad (3)$$

Ez a képlet azt fejezi ki, hogy az elméleti munka (hasznos munkának is nevezhető) a húzáskor felhasznált munka hányadrésze és legtöbbször százalékban fejezzük ki. Ha ez alacsony értékű, ez azt jelenti, hogy az alakítás folyamán jelentős veszteségekkel kell számolnunk.<sup>7</sup>

Ha a húzási hatásfok bizonyos feltételek mellett kísérletileg meg van állapítva, akkor fenn áll annak a lehetősége, hogy különböző méretű huzalok húzásához szükséges munkát kiszámítsuk, amennyiben azok az üzemi feltételek fenn állnak, amely mellett az alakítási hatásfokot megállapítottuk. A várható húzási munka :

$$A_h = \frac{A_{elm}}{\eta_{alakítási}} \quad (4)$$

A húzási sebességnek az alakítási hatásfokra említésreméltó befolyása nincsen.<sup>8</sup>

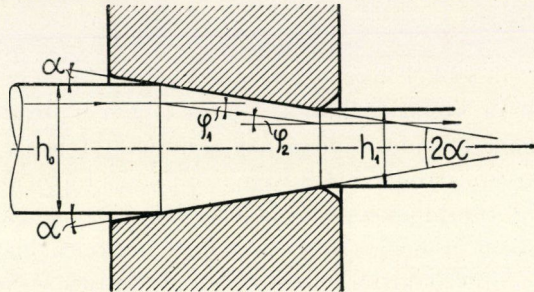
Az a tény, hogy a technikai műveletnél, a dróthúzásnál, a ténylegesen szükséges munkaszükséglet nagyobb, mint az elméleti munkaszükséglet, arra vezethető vissza, hogy az alakítás folyamán veszteségek lépnek fel. A veszte-

<sup>6</sup> *Fink, K.* : Theorie der Walzarbeit. Zeitschrift. f. d. Berg- Hütten- und Salinenwesen Preussens, 1874. 200—220. old.

<sup>7</sup> *Sachs, G.* : Spanlose Formung der Metalle, Leipzig, Akademische Verlagsges. 1937. 12—122. old. (Handbuch der Metallphysik, Bd. 3.

<sup>8</sup> *Pomp, A.* : Stahldraht. Verl. Stahleisen, Düsseldorf, 1941. 68. old.

ségek részben belső, részben külső veszteségek. A belső veszteségek abból adódnak, hogy a húzott rúd keresztmetszetei meggörbülnek, a rúd hosszirányban futó szálai a húzószerszámon belül kétszer is meggömbölytetnek és emellett



3. ábra.

belső súrlódások is fellépnek (3. ábra). Ez a belső veszteség *Körber* és *Eichinger* szerint<sup>9</sup> dróthúzásnál:

$$A_{bs} = V \cdot k_{fk} \cdot \frac{4\alpha}{3 \cdot \sqrt{3}} = V \cdot k_{fk} \cdot 0,77 \cdot \alpha \quad (5)$$

*Siebel* a belső munkát a következő képlettel fejezi ki:<sup>10</sup>

$$\text{ahol} \quad A_{bs} = \frac{2}{3} \cdot A_{elm} \cdot \frac{\alpha}{\varphi} = V \cdot k_{fk} \cdot \frac{2}{3} \cdot \alpha, \quad (6)$$

$$\text{ahol} \quad \varphi = \ln \frac{F_0}{F_1}$$

A külső veszteségeknek kell számítani a húzóüreg falán fellépő súrlódási munkát. *Siebel* ezt a súrlódási munkát a következő képlettel számítja ki<sup>10</sup>

$$A_s = A_{elm} \cdot \frac{\mu}{\alpha} = V \cdot k_{fk} \cdot \frac{\mu}{\alpha} \cdot \ln \frac{F_0}{F_1} \quad (7)$$

A fentiek szerint a húzáshoz szükséges tényleges munka tehát *Körber* és *Eichinger* szerint:<sup>9</sup>

$$A_h = V \cdot k_{fk} \cdot \left\{ \left( 1 + \frac{\alpha}{\mu} \right) \cdot \left[ 1 - \left( \frac{F_1}{F_0} \right)^{\frac{\alpha}{\mu}} \right] + \frac{4\alpha}{3 \cdot \sqrt{3}} \right\} \quad (8)$$

*Siebel* szerint pedig<sup>10</sup>:

<sup>9</sup> *Körber, Fr. und Eichinger, A.*: Die Grundlagen der bildsamen Verformung. Mitt. K.-Wilch. Inst. Eisenforsch. 22. (1940) S. 57—80 : vergl. St. u. E. 60. (1940) S. 829/32., 854/62. u. 882/87.

<sup>10</sup> *Siebel E.*: Der derzeitige Stand der Erkenntnisse über die mechanischen Vorgänge beim Drahtziehen, Stahl und Eisen, 1947. S. 171/179.

$$A_h = V \cdot k_{fk} \cdot \varphi \cdot \left(1 + \frac{\mu}{\alpha} + \frac{2}{3} \cdot \frac{\alpha}{\varphi}\right), \quad (9)$$

ahol  $\varphi = \ln \frac{F_0}{F_1}$

Az  $\alpha$  szög ez összes képletekben ívmértékben értendő.

A húzóüregben való alakításhoz szükséges húzóerő ( $Z$ ) nagyságának kiszámítására többen dolgoztak ki képletet. Ezek a közelítő képletek a következők:<sup>11</sup>

*Körber és Eichinger* szerint:

$$Z = F_1 \cdot k_{fk} \cdot \left\{ \left(1 + \frac{\alpha}{\mu}\right) \cdot \left[1 - \left(\frac{F_0}{F_1}\right)^\alpha\right] + \frac{4\alpha}{3 \cdot \sqrt{3}} \right\} \quad (10)$$

*Siebel* szerint:

$$Z = F_1 \cdot k_{fk} \cdot \ln \frac{F_0}{F_1} \cdot \left(1 + \frac{\mu}{\alpha} + \frac{2}{3} \cdot \frac{\alpha}{\ln \frac{F_0}{F_1}}\right) \quad (11)$$

*Sachs és von Horn* szerint:

$$Z = F_1 \cdot k_{fk} \cdot \ln \frac{F_0}{F_1} (1 + \mu \cdot \cot \alpha) \quad (12)$$

*Sachs* szerint:

$$Z = F_1 \cdot k_{fk} \cdot \left(1 + \frac{1}{\mu \cdot \cot \alpha}\right) \cdot \left[1 - \left(\frac{F_0}{F_1}\right)^{\mu \cdot \cot \alpha}\right] \quad (13)$$

*Sachs* egy további képlete szerint:

$$Z = F_1 \cdot k_{fk} \left\{ 1 + \frac{1}{\mu \cdot \cot \alpha} \right\} \cdot \left[1 - \left(\frac{F_0}{F_1}\right)^{\mu \cdot \cot \alpha}\right] + \frac{4\alpha}{3 \cdot \sqrt{3}} \quad (14)$$

*Pöschl* szerint (a Mac Lellan által megadott egyszerűsített alakban):

$$Z = F_1 \cdot k_{fk} \cdot 0,99 \left\{ \frac{F_0}{F_1}^{1,54} - 1 \right\} \quad (15)$$

*Weiss, L.* szerint<sup>12</sup>:

$$Z = \sigma_B \left(d_0^2 - d_1^2\right) \cdot \frac{\pi}{4} \cdot \left(1 + \frac{\mu}{\sin \alpha}\right) \quad (16)$$

A húzóerőre vonatkozó fenti képletek, bár szigorú elméleti megfontolásokból indult ki az alapvetésük, mégis csak közelítő képletek. Elméletileg az a kifogás emelhető ellenük, hogy az alakítási ellenállás helyett mindenütt az

<sup>11</sup> *Boehm, Fr.*: Wissenschaft und Praxis im Stabziehereibetrieb. Stahl u. Eisen 69 (1949) S. 105/116. *Mac Lellan, G. D. S.*: A critical survey of published literature on wire drawing Theory. The British Iron and Steel Research Association. M. W. (D/15) 47.

<sup>12</sup> *Weiss, L.*: Der Kaltwalz- und Ziehvorgang und sein Leistungsverbrauch, Z. f. Metallkunde 14. (1922), S. 160/172.

alakítási szilárdsággal számolnak, holott a húzóüregben az alakítási ellenállás és az alakítási szilárdság nem azonosak. Az alakítási ellenállás függ a fogyástól, a súrlódási tényezőtől, a húzószögtől, a kilépő keresztmetszet nagyságától; ezekben a képletekben ez azonban kifejezve nincsen. A kísérleti adatokból való erősebb eltérés egyik oka szerintem éppen az, hogy az alakítási szilárdságot és az alakítási ellenállást azonosnak veszik. Gyakorlati szempontból az a kifogás emelhető e képletekkel szemben, hogy meglehetősen komplikált voltak miatt gyakorlati számításokra nehézkesek, emellett a kísérleti eredményekkel való összehasonlításnál kisebb- nagyobb eltéréseket mutatnak<sup>11</sup>. Hiányosságnak kell azt is tekintenünk, hogy az egyes tényezők befolyása nem egyszerűen világlik ki belőlük a gyakorlat embere számára.

## 2. A húzóerő és a közepes alakítási ellenállás kiszámítása

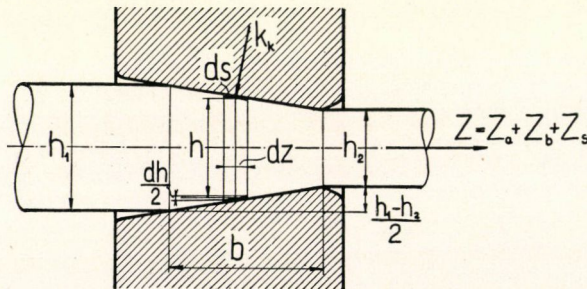
A következőkben bemutatom az általam kidolgozott húzási elméletet, amely szintén közelítő elmélet, de az itt említett hiányosságoktól mentesen van felépítve.

A drót- és rúdhúzás munkájának erőszükségletét a következő megfontolás alapján számíthatjuk ki:

Az alakítási munkát a

$$Z = Z_a + Z_s + Z_b \quad (17)$$

erő hozza létre, ahol  $Z_a$  a tiszta alakváltozási munka elvégzéséhez szükséges erő,  $Z_s$  a húzóüreg falán fellépő súrlódási munka legyőzéséhez szükséges erő és  $Z_b$  az anyag belső veszteségi munkájának elvégzéséhez szükséges erő.



4. ábra.

Az alakváltozási munka létrehozásához szükséges elemi húzóerő (4. ábra):

$$dZ_a = k_k \cdot ds \cdot \sin \alpha,$$

ahol  $k_k$  a közepes alakítási ellenállás,  $ds$  a  $dz$  szélességű elemi húzófelület,  $A$  a húzóüreg alkotójának a szöge ( $\alpha$  a húzószög,  $2\alpha =$  az üreg nyílásszöge).



Ebben a képletben

$$d s \cdot \sin \alpha = d f = 0,5 \cdot h \cdot \pi \cdot d h, \quad (19)$$

tehát a tiszta deformációs munkát létrehozó húzóerő:

$$Z_a = 0,5 \cdot k_k \cdot \pi \int_{h_1}^{h_2} h \cdot d h = k_k \cdot \pi \cdot \frac{h_1^2 - h_2^2}{4} \quad (20)$$

Mint hogy a húzott rúd keresztmetszete a húzás előtt:

$$\frac{h_1^2 \pi}{4} = f_1 \quad \text{és a húzás után} \quad \frac{h_2^2 \cdot \pi}{4} = f_2$$

a 20. egyenlet így is írható:

$$Z_a = k_k \cdot (f_1 - f_2) = k_k \cdot F, \quad (21)$$

ahol  $F = f_1 - f_2$  a keresztmetszetsökkenés, vagy fogyás.

A szerszám húzófelülete mentén fellépő súrlódás legyőzéséhez szükséges erő:

$$Z_1 = \frac{(h_1 + h_2) \pi \cdot b}{2 \cdot \cos \alpha} \cdot k_k \cdot \mu = Q \cdot k_k \cdot \mu, \quad (22)$$

ahol

$$Q = \frac{(h_1 + h_2) \pi \cdot b}{2 \cdot \cos \alpha} = \frac{F}{\sin \alpha} \quad (23)$$

a húzóüreg dolgozó felületét jelenti.

A belső veszteségek legyőzéséhez húzóerőt a *Körber-Eichinger* képletből (5. képlet) állapítjuk meg. Ezen képlet szerint ugyanis:

$$A_{bs} = 0,77 \cdot k_{fk} \cdot V \cdot \alpha = f_2 \cdot l_2 \cdot k_{fk} \cdot 0,77 \cdot \alpha = Z_b \cdot l_2, \quad (24)$$

tehát a kérdéses húzóerő:

$$Z_b = 0,77 \cdot k_{fk} \cdot f_2 \cdot \alpha \quad (25)$$

Ezek szerint az összes húzóerő:

$$Z = Z_a + Z_s + Z_b = k_k \cdot (F + Q \cdot \mu) + 0,77 \cdot k_{fk} \cdot f_2 \cdot \alpha,$$

tehát

$$\boxed{Z = k_k(F + Q \mu) + 0,77 \cdot k_{fk} \cdot f_2 \cdot \alpha} \quad (26)$$

Minthogy a számbajövő kis szögek mellett

$$Q = \frac{F}{\sin \alpha} \sim \frac{F}{\alpha}$$

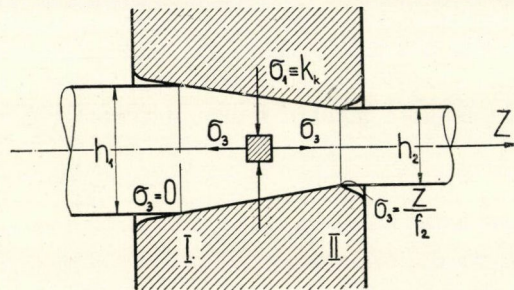
írható, így a 26. egyenletet következő alakban is fel lehet írni:

$$Z = k_k \cdot F \cdot \left(1 + \frac{\mu}{\alpha}\right) + 0,77 \cdot k_{fk} \cdot f_2 \cdot \alpha. \quad (26a)$$

A húzási teljesítmény (kgm/mp), ha  $v$  a kifutó huzal sebessége:

$$L = Z \cdot v = [k_k \cdot (F + Q \cdot \mu) + 0,77 \cdot k_{fk} \cdot f_2 \cdot \alpha] \cdot v. \quad (27)$$

Húzásnál a közepes alakítási ellenállást a következő módon lehet meghatározni:



5. ábra.

Az alakítási szilárdság  $O$ . Mohr szerint:<sup>13</sup>

$$\sigma_1 - \sigma_3 = 2 \tau_{\max} = k_f \quad (28)$$

Húzásnál a  $\sigma_3$  előjele negatív (5. ábra) és így a 27. egyenlet a következőképpen alakul:

$$\sigma_1 + \sigma_3 = k_f. \quad (29)$$

Minthogy  $\sigma_1 \equiv k$  írható:

$$k + \sigma_3 = k_f \quad (30)$$

A közepes  $\sigma_{3k}$  az első megközelítésben az üregeken belül:

$$\sigma_{3k} = \frac{Z}{2 \cdot f_2}. \quad (31)$$

<sup>13</sup> Mohr, O.: Welche Umstände bedingen die Elastizitätsgrenze und den Bruch eines Materials: Z. VDI. Bd. 34. (1900) 1524/30, 1572/77.

Lévén a belépő (I-es) keresztmetszetben  $\sigma_3 = 0$  és a kilépő keresztmetszetben<sup>14</sup>

$$\sigma_3 = \frac{Z}{f_2}.$$

Ha  $\sigma_3$  közepes értékét behelyettesítjük a 29. képletbe, akkor a közepes alakítási ellenállás az üregben:

$$k_{fk} = k_k + \frac{Z}{2f_2}. \quad (32)$$

Ha ebbe az egyenletbe  $Z$  értékét behelyettesítjük, lesz

$$k_{fk} = k_k \left( 1 + \frac{F + \mu \cdot Q}{2 \cdot f_2} \right) + 0,385 \cdot \alpha \cdot k_{fk}. \quad (33)$$

A 32. egyenletből a közepes alakítási ellenállás értéke:

$$k_k = \frac{k_{fk} \cdot (1 - 0,385 \cdot \alpha \cdot)}{1 + \frac{F + \mu \cdot Q}{2 \cdot f_2}}. \quad (34)$$

Mint hogy gyakorlati számításoknál a 32 egyenlet jobb oldalának második tagja ( $0,385 \cdot \alpha \cdot k_{fk}$ ) elhanyagolható, a közepes alakítási ellenállást a következő képlettel fejezzük ki:<sup>15</sup>

$$k_k = \frac{k_{fk}}{1 + \frac{F + Q \cdot \mu}{2 \cdot f_2}}, \quad (35)$$

amit így is felírhatunk:

$$k_k = \frac{k_{fk}}{1 + \frac{F}{2f_2} \cdot \left( 1 + \frac{\mu}{\alpha} \right)}. \quad (35a)$$

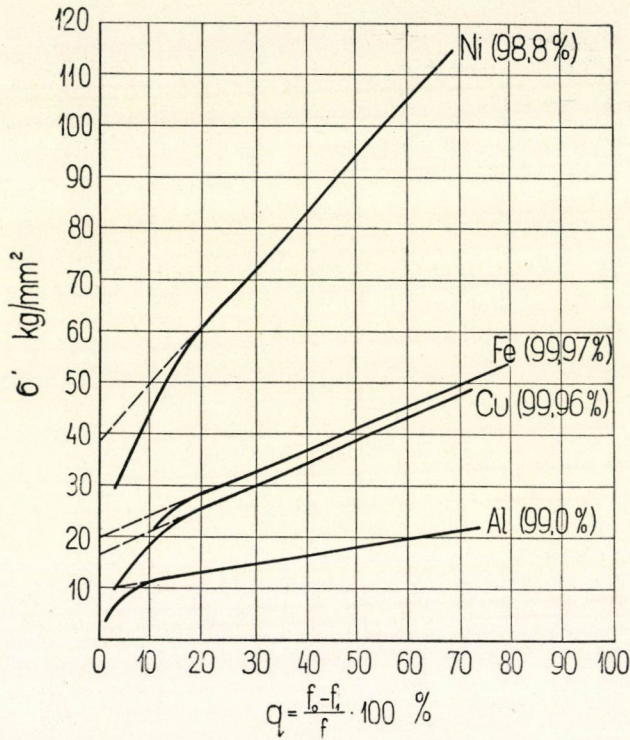
A képletekben szereplő  $k_{fk}$  közepes alakítási szilárdságot a húzott anyag húzás előtti és húzás utáni alakítási szilárdságának ( $k_{f1}; k_{f2}$ ) számtani közepével  $\frac{k_{f1} + k_{f2}}{2}$  vesszük egyenlőnek. Az alakítási szilárdságnak  $k_f$ -nek különböző értékeit elméletileg helyesen a húzott fém valódi feszültség viszonylagos keresztmetszetcsökkenés ( $\sigma' - \eta$ ) görbéjéből kell megállapítani. A  $\sigma' - \eta$  görbe u. i. a fémeknek olyan húzódiagrammja (nyomódiagrammja),  $\epsilon$  melyben

<sup>14</sup> Pomp, A.: Stahldraht. Verl. Stahleisen. Düsseldorf, 1941. 51. old.

<sup>15</sup> Geleji, A.: Die Berechnung der Kräfte und des Kraftbedarfs bei der Formgebung im bildsamen Zustände der Metalle. Budapest, 1952. Akademischer Verlag. S. 147.

a terhelést a szakítópálca mindenkori legkisebb keresztmetszetére vonatkoztatjuk (valódi feszültség:  $\sigma' = \frac{P}{f}$ , az alakváltozás kifejezésére pedig a mindenkori legkisebb keresztmetszet és kiinduló keresztmetszet között bekövetkezett viszonylagos keresztmetszetcsökkenést ( $q = \frac{f_1 - f_i}{f_1} \cdot 100\%$ ) használjuk. A  $q$ -t az alakítás mértékének szokták nevezni.<sup>16</sup>

Gyakorlati szempontból azonban elegendő pontossággal járunk el, ha a közepes alakítási szilárdságot a húzott anyag  $\sigma_{0,2} - q$  (két tizedes fogyási határ — alakítás mértéke) görbéjéből határozzuk meg.



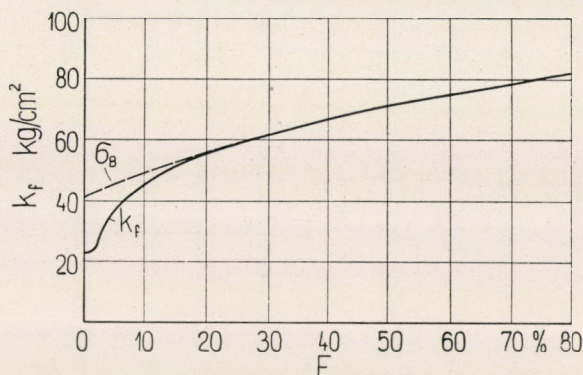
6. ábra.

Mellékelten közöljük néhány fém  $\sigma' - q$  görbéjét (6. ábra).

Acélok húzásánál, különösen a perlités acélok húzásánál a közepes alakítási szilárdságot nem tudjuk ilyen világosan meghatározni. Siebel szerint<sup>10</sup> acélok

<sup>16</sup> Verő, J.: Metallografia. Rötting-Romwalter, Sopron, 1942. 249/50. old. Sachs, G.: Mechanische Technologie der Metalle. Akademische Verlagsges. Leipzig, 1925. 29. old. Pomp, A.: Stahdraht. Stahlisen. Düsseldorf, 1941. 91. old.

húzásánál a közepes  $k_{fk}$  alakítási szilárdságot *A. Pomp* és *W. Knackstaedt*<sup>17</sup> vizsgálatai alapján nagyon jó megközelítéssel azonosnak vehetjük a húzott acél húzás előtti és húzás utáni szakítószilárdságnak számtani közepével., (7. ábra). Bár Siebel ezt az általánosítást minden acélra vonatkoztatja, szigorúan azonban csak az alacsony széntartalmú ( $C = 0,03\%$ ) acélokra érvényes. Minél magasabb a széntartalom, annál nagyobb eltérés mutatkozik a közepes



7. ábra.

alakítási szilárdság és a húzás előtti és utáni szakítószilárdság számtani közepe között.

A  $\mu$  súrlódási tényezőre vonatkozólag az irodalom a következő értékeket adja meg:  $\mu = 0,1$ , ha lágyított *Sr. 63* sárgarezet húznak acél húzóüregben, repceolajkenéssel:  $\mu = 0,06$ , ha wolframkarbid húzóüregben történik a húzás:  $\mu = 0,04-0,06$ , ha lágyított lágy acélt húznak wolframkarbid húzóüregben repceolaj- vagy szappanporkenés alkalmazásával<sup>18</sup>. Növekedő keménységgel mind szappan-, mind repceolajkenés mellett a súrlódási tényező erősen esik. Aluminium húzáskor<sup>19</sup>, ha a húzóüreg acélból van és a kenőanyag hengerolaj, akkor  $\mu = 0,075$ , ha gépolaj, akkor  $\mu = 0,149$ , ha húzózsír, akkor  $\mu = 0,166$ .

A súrlódási tényezőre vonatkozó újabb kísérletek azt mutatják, hogy az a felületi fajlagos nyomással változik, éspedig növekszik a fajlagos nyomás növekedésével.

Amikor húzás alatt a húzott darabot a befutó oldalon egy *P* húzóerő terheli (8. ábra), az alakítási ellenállás megkisebbedik.

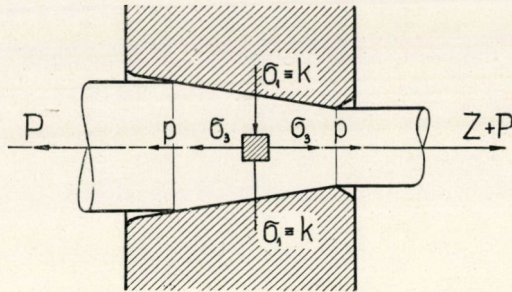
Ebben az esetben ugyanis:

$$k_{fk} = \sigma_{1k} + \sigma_{3k} + P_k \quad (36)$$

<sup>17</sup> *Pomp, A., és Knackstaedt, W.*: Mitt. K. Wilh. Inst. Eisenforschg. 10 (1928), S. 117/74: vgl. Stahl u. Eisen 48 (1928) S. 1705/15.

<sup>18</sup> *Sachs, G.*: Praktische Metallkunde. J. Springer, Berlin, 1934. II. kötet. 132. old.

<sup>19</sup> *Weiss, L.*: Der Kaltwalz- und Ziehvorgang. Z. f. Metallkunde, 1922. 166. old.



8. ábra.

ahol

$$p_k = \frac{2 \cdot P}{f_1 + f_2} \quad (37)$$

A 36. egyenletből:  $\sigma_{1k} + \sigma_{3k} = k_f - p_k$ .

Mint hogy  $\sigma_1 \equiv k$  következik, hogy

$$k_k + \sigma_{3k} = k_{fk} - p_k \quad (38)$$

A közepes  $\sigma_{sk}$  pedig (31. egyenlet):

$$\sigma_{3k} = \frac{Z}{2 f_2} = \frac{k_k \cdot (F + Q \cdot \mu) + 0,77 \cdot k_{fk} \cdot f_2 \cdot \alpha}{2 f_2} \quad (39)$$

Ha ezt az egyenletet a 38. egyenletbe helyettesítjük, akkor lesz:

$$k_k \left( 1 + \frac{F + \mu \cdot Q}{2 f_2} \right) = k_{fk} \cdot (1 - 0,385 \alpha) - p_k \quad (40)$$

és ebből a közepes alakítási ellenállás az üregben:

$$k_k = \frac{k_{fk} \cdot (1 - 0,385 \cdot \alpha) - p_k}{1 + \frac{F + \mu \cdot Q}{2 \cdot f_2}} \quad (41)$$

Mint hogy  $1 - 0,385 \alpha$  ( $\approx$ ) 1-nek vehető, gyakorlati számításoknál a közepes alakítási ellenállást, ellenhúzás esetében, a következő képlettel fogjuk kiszámítani:

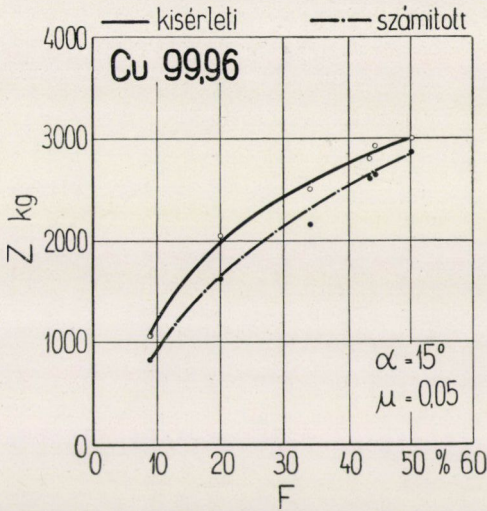
$$k_k = \frac{k_{fk} - p_k}{1 + \frac{F + Q \cdot \mu}{2 \cdot f_2}} \quad (42)$$

vagy más alakban

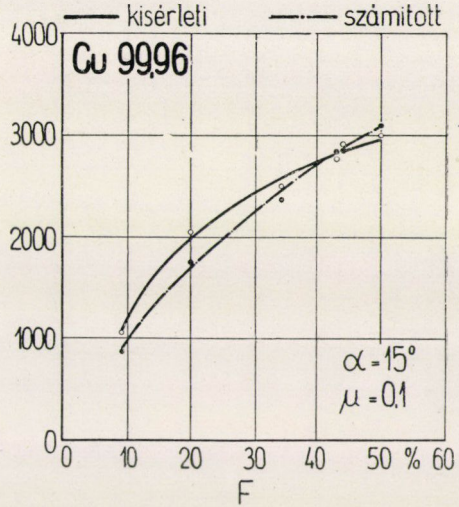
$$k_k = \frac{k_{fk} - p_k}{1 + \frac{F}{2 f_2} \cdot \left( 1 + \frac{\mu}{\alpha} \right)} \quad (42a)$$

A húzóerő és a közepes alakítási ellenállás kiszámítására levezetett képletek helyességét és alkalmazhatóságát *L. Weiss, E. Siebel, A. Pomp* kísérlet

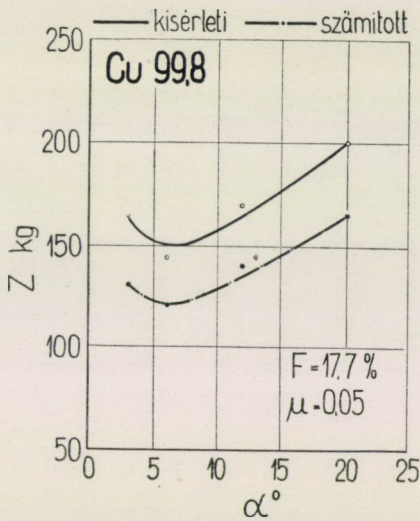
eredményeivel bizonyíthatjuk<sup>20</sup>. A húzott nyersanyag ezeknél a kísérleteknél réz- és acéldrót. Az összehasonlító számítások eredményeit a mellékelt 9—31. ábrákon láthatjuk.



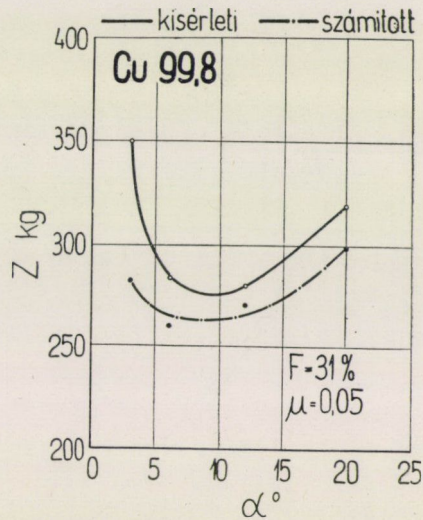
9. ábra.



10. ábra.



11. ábra.

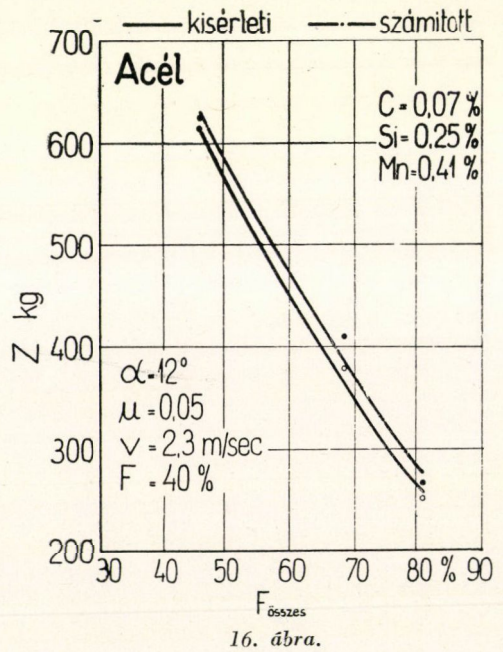
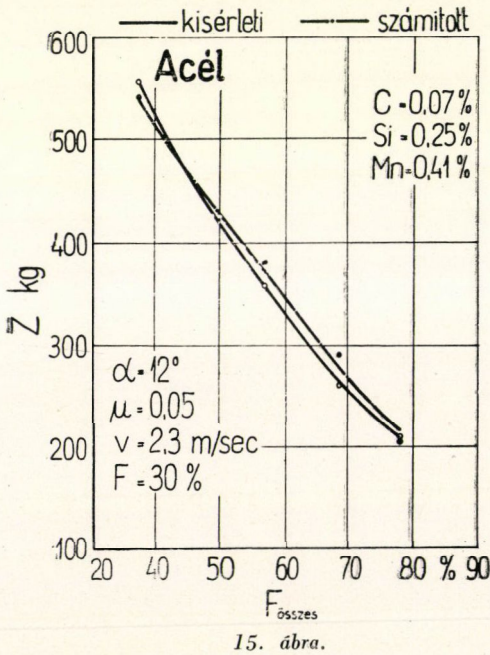
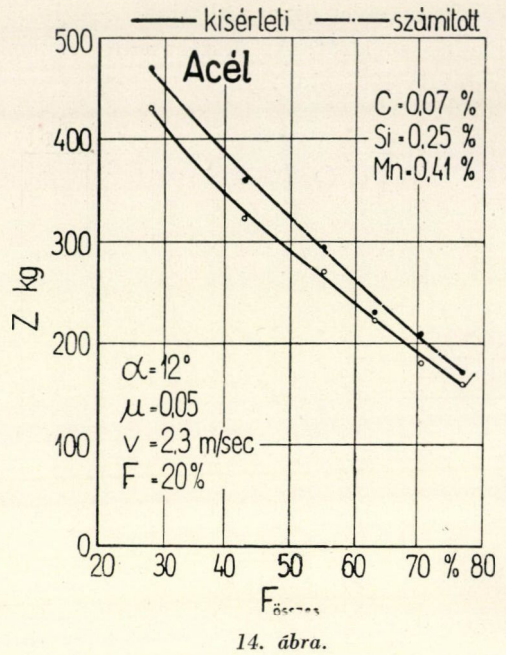
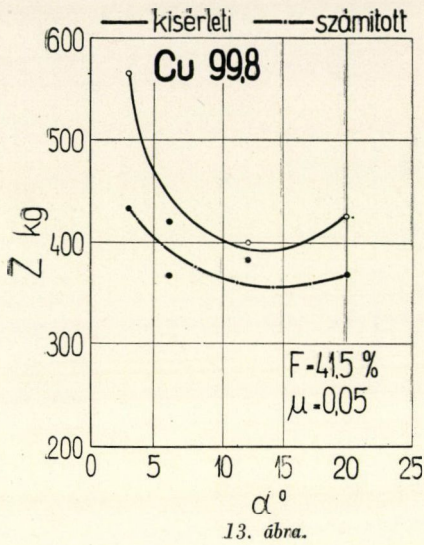


12. ábra.

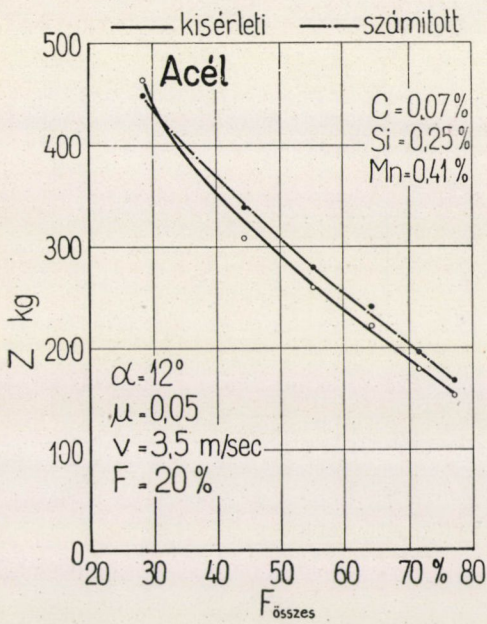
<sup>20</sup> Weiss, L.: Der Formänderungswiderstand beim Kaltziehen in Abhängigkeit von Abnahmeverhältnissen und Ziehwinkel. Z. f. Metallkunde. 19 (1927) 61/67. old.

Pomp, A. u. Siebel, E.: Über den Kraftbedarf und Arbeitsbedarf beim Kaltziehen von Drähten. Mitt. d. K. Wilh. Inst. f. Eisenfchg. 11 (1929) S. 53.

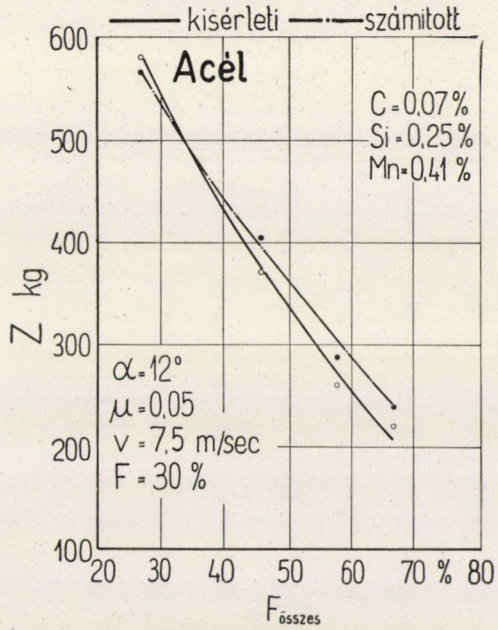
Pomp, A. u. Becker, W.: Kraftverbrauch und Werkstoffeigenschaften beim Ziehen von Stahldräht mit erhöhter Ziehgeschwindigkeit. Mitt. K. Wilh. Inst. f. Eisenfchg. 12 (1930) S. 263.



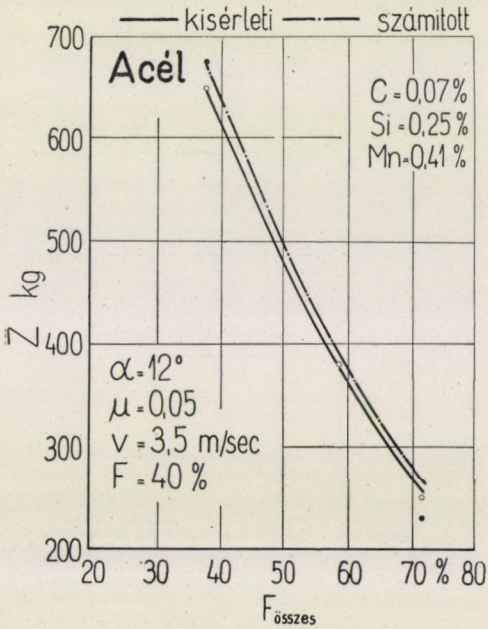




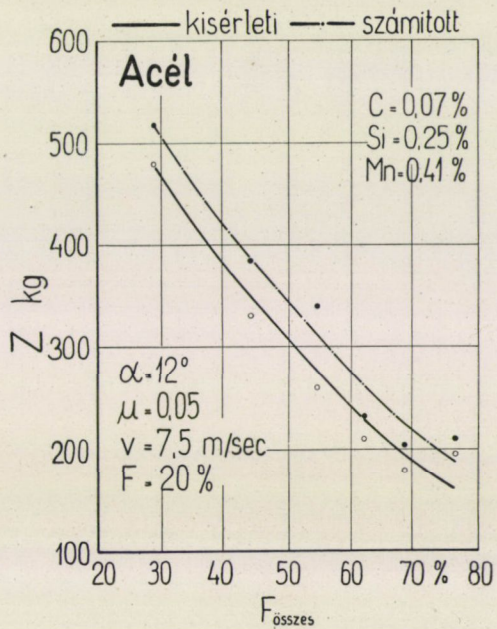
17. ábra.



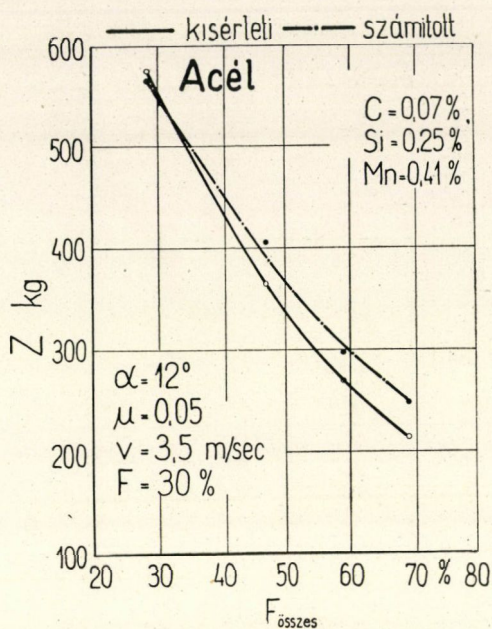
18. ábra



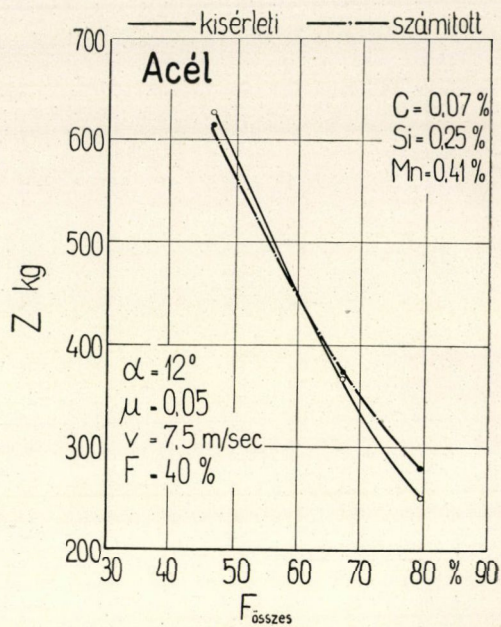
19. ábra.



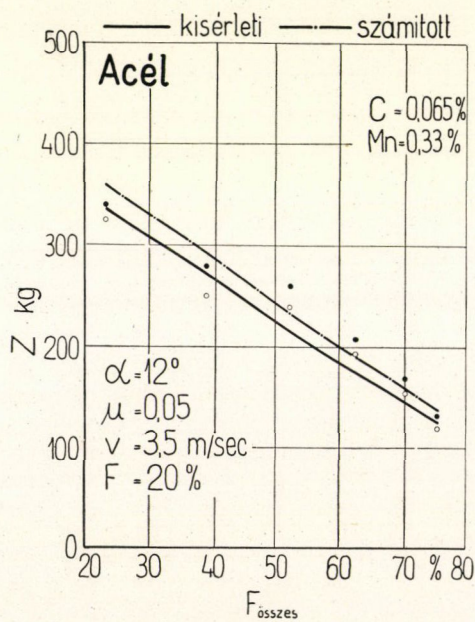
20. ábra.



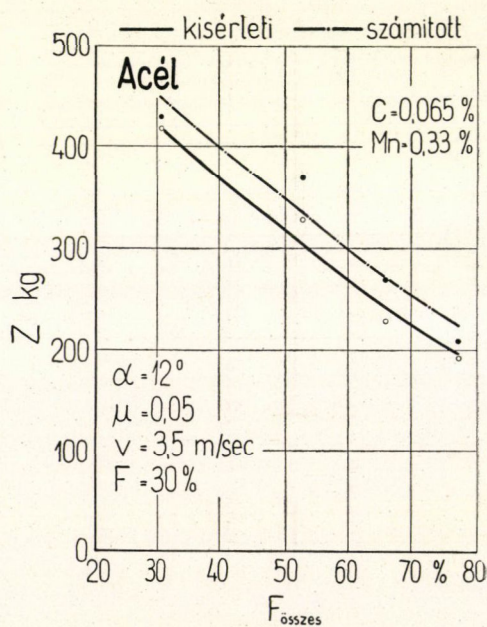
21. ábra.



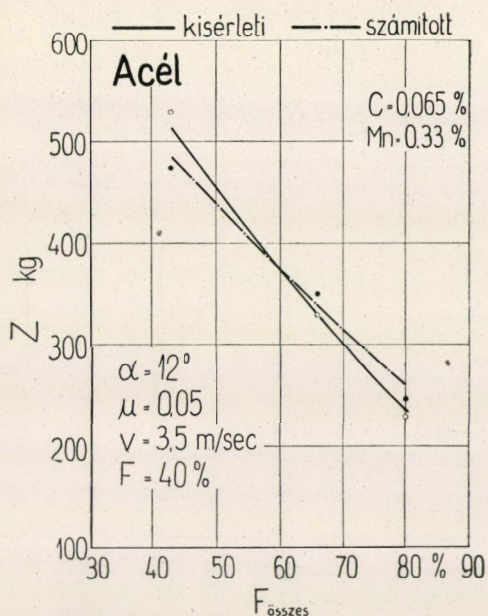
22. ábra.



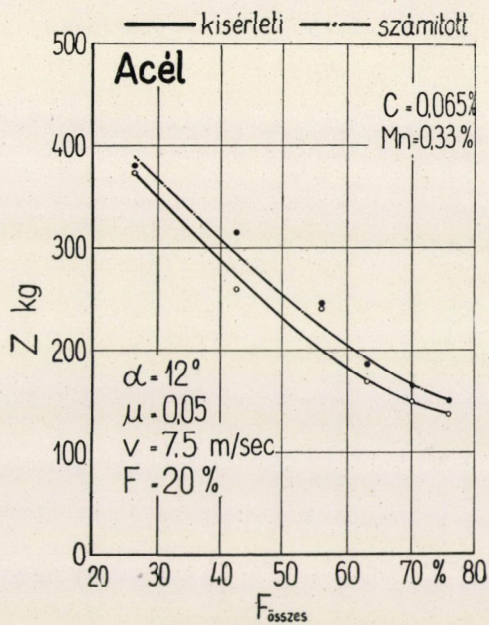
23. ábra.



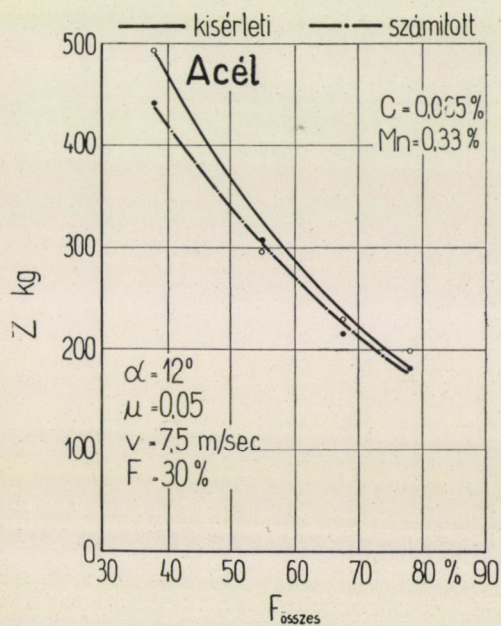
24. ábra.



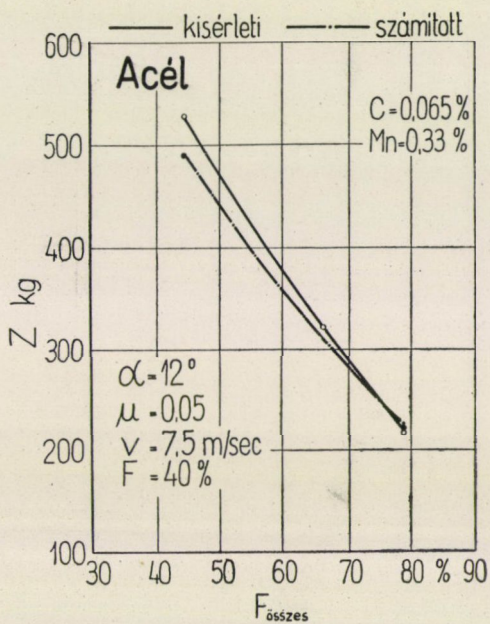
25. ábra.



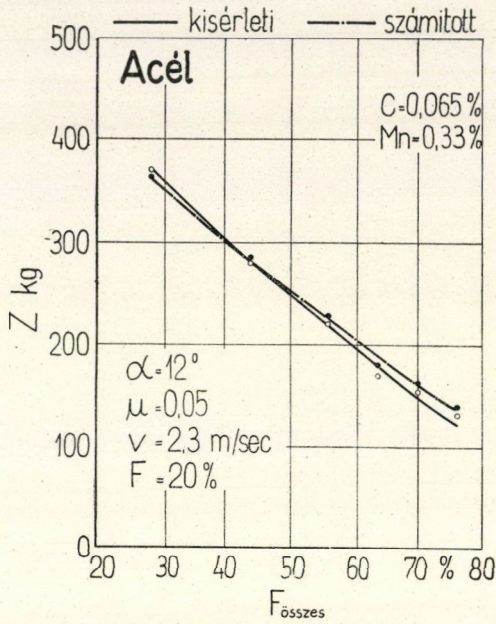
26. ábra.



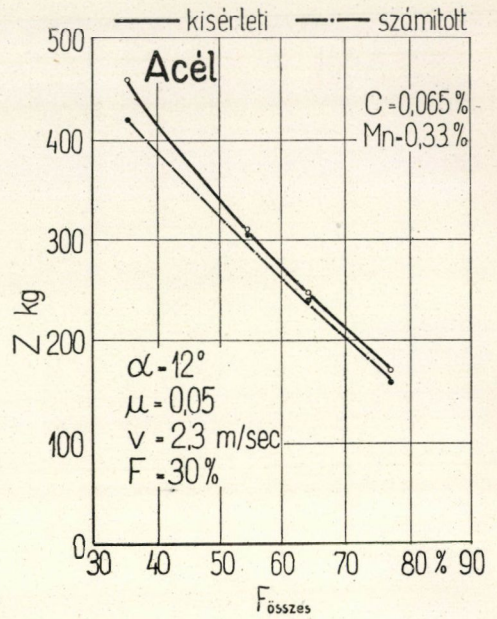
27. ábra.



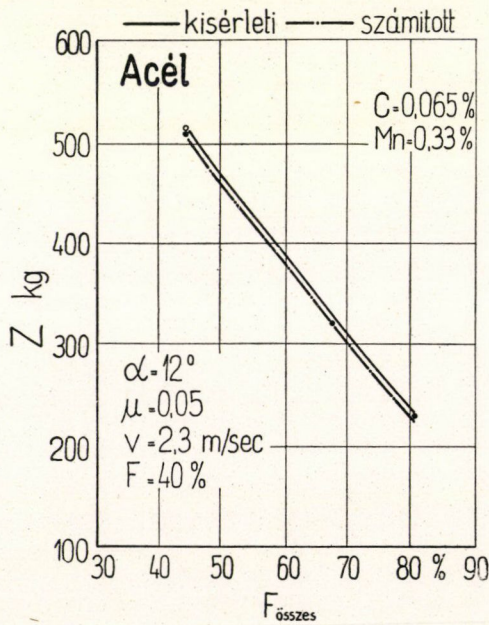
28. ábra.



29. ábra.



30. ábra.



31. ábra.

### 3. Az alakítási ellenállás változása a húzóüregben

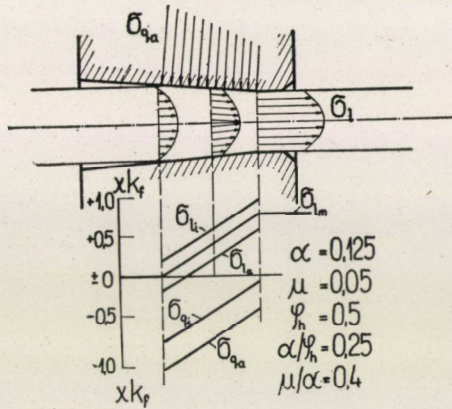
#### a) Idegen vizsgálatok.

A húzóüregben fellépő feszültségek megállapítására többen végeztek vizsgálatokat. Ezek közül a legismertebbek *E. Siebel*nek elméleti vizsgálatai<sup>10</sup>. A húzóüreg falán fellépő nyomófeszültség (alakítási ellenállás) eloszlása szerinte a következő képlettel határozható meg:

$$k_x = k_{fk} \cdot \left[ \varphi_x \cdot \left( 1 + \frac{\mu}{\alpha} \right) - \frac{2}{3} \cdot \frac{\alpha}{\varphi_k} \cdot \left( 1 + \frac{\mu}{\alpha} \right) - 1 \right], \quad (43)$$

amely képletben

$$\varphi_x = \ln f_1/f_x \quad \text{és} \quad \varphi_h = \ln f_1/f_2.$$



32. ábra.

A 32. ábrán a  $\sigma_{qa} = k_x$  a húzófelület falán működő feszültség (alakítási ellenállás és  $\sigma_e = \sigma_3$  a húzott darab hossz tengelyében fellépő húzófeszültség-eloszlás) van a darab tengelye mentén ( $x$  függvényében) ábrázolva.

*Siebel* fenti megállapításainál az alakítási szilárdságnak (folyási határnak) változását az alakváltozás folyamán figyelmen kívül hagyta.

Az irodalomban több kísérlet történt arra, hogy a feszültségeloszlást a húzóüregben belül számítás útján határozzák meg.<sup>21</sup> Azonban ezek a szerzők az anyag rugalmas állapotából indultak ki és a folyás feltételét, illetve bekövetkezését figyelmen kívül hagyták. Ez azonban egyáltalán nem lehet valamely képlekeny alakítás vizsgálatánál kiindulási alap.

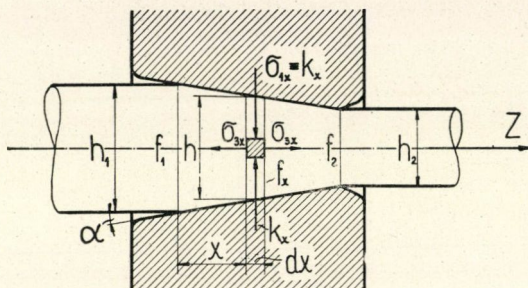
<sup>21</sup> Thompson, F. C., und Barton: Carnegie. Schol. Mem. 19 (1930) S. 39/78. vergl. St. u. E. 51 (1931) S. 333.

Pöschl, Th.: Metallwirtsch. 22 (1943) S. 428/34, 23/1944. S. 265.

Kenecky, H.: Z. f. angew. Math. Mech. 3 (1923) S. 241/51.

## b) Saját vizsgálatok.

Ha az alakítási ellenállás eloszlását a 29—35 egyenletekben visszaadott gondolatmenethez kapcsolódva akarjuk kifejezni, akkor a bármely  $x$ -hez tartozó  $k_x$  alakítási ellenállást a következőképpen lehet kiszámítani (33. ábra):



33. ábra.

A 10. ábra értelmében:

$$k_{fx} = \sigma_{1x} + \sigma_{3x} = k_x + \sigma_{3x} \quad (44)$$

Mint ahogy

$$\sigma_{3x} = \frac{Z_x}{f_x} \quad (45)$$

és

$$Z_x = k_k \cdot (F_x + Q_x \cdot \mu) + 0,77 \cdot k_{fk} \cdot f_x \cdot \alpha, \quad (46)$$

ahol

$$k_k = \frac{k_{f1} + k_x}{2}; \quad F_k = f_1 - f_x; \quad Q_x = \frac{F_x}{\sin \alpha}$$

itt  $k_{f1}$  az alakítási szilárdság a húzás előtt (a belépő keresztmetszetben),  $k_x$  az alakítási ellenállás  $x$  keresztmetszetben,

$$f_1 = \frac{h_1^2 \pi}{4}; \quad f_x = \frac{h_x^2 \pi}{4}; \quad k_{fkx} = 0,5 \cdot (k_{f1} + k_{fx}).$$

Az  $x$  keresztmetszetben a harmadik főfeszültség:

$$\sigma_{3x} = \frac{Z_x}{f_x} = (k_{f1} + k_x) \cdot \left( \frac{F_x + \mu \cdot Q_x}{2 f_x} \right) + 0,385 \cdot k_{fkx} \cdot \alpha \quad (47)$$

egyszerűsített formában

$$\sigma_{3x} = \left( \frac{k_{f1} + k_x}{2} \right) \cdot \frac{F_x}{f_x} \cdot \left( 1 + \frac{\mu}{\alpha} \right) + 0,385 \cdot k_{fk} \cdot \alpha. \quad (47a)$$

Az alakítási ellenállás az  $f_x$  keresztmetszetben a 41. egyenlet értelmében:

$$k_{fx} = k_x + k_{f1} \cdot \left( \frac{F_x + \mu \cdot Q_x}{2 f_x} \right) + k_x \cdot \left( \frac{F_x + Q_x \cdot \mu}{2 f_x} \right) + 0,385 \cdot k_{fk} \cdot \alpha \quad (48)$$

Ez az egyenlet  $k_x$  szerint rendezve

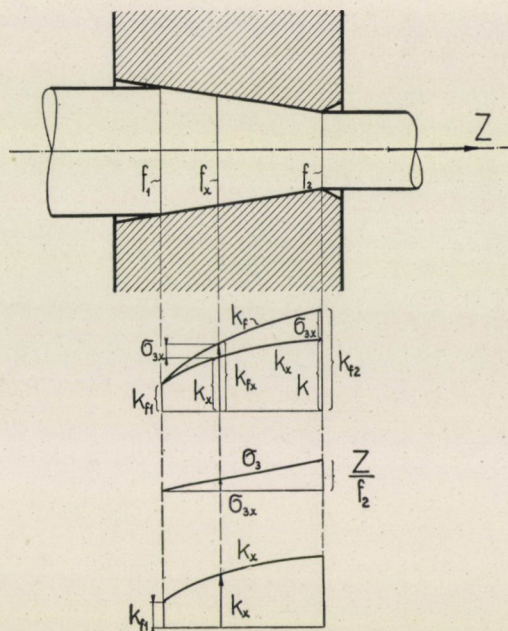
$$k_x \cdot \left(1 + \frac{F_x + Q_x \cdot \mu}{2 f_x}\right) = k_{fx} - k_{f1} \cdot \left(\frac{F_x + Q_x \cdot \mu}{2 f_x}\right) - 0,385 \cdot k_{fk} \cdot \alpha \quad (49)$$

és ebből az alakítási ellenállás az  $x$  keresztmetszetben :

$$k_x = \frac{k_{fx} - k_{f1} \cdot \left(\frac{F_x + Q_x \cdot \mu}{2 f_x}\right) - 0,385 \cdot k_{fk} \cdot \alpha}{1 + \frac{F_x + Q_x \cdot \mu}{2 f_x}} \quad (50)$$

Egyszerűsített formában :

$$k_x = \frac{k_{fx} - k_{f1} \cdot \frac{F_x}{2 f_x} \cdot \left(1 + \frac{\mu}{\alpha}\right) - 0,385 \cdot k_{fk} \cdot \alpha}{1 + \frac{F_x}{2 f_x} \cdot \left(1 + \frac{\mu}{\alpha}\right)} \quad (50a)$$



34. ábra.

Gyakorlati számításoknál nem követünk el hibát, ha ezen egyenlet szám-  
lójában szereplő  $0,385 \cdot \alpha \cdot k_{fk}$  tagot nem vesszük figyelembe és számítása-  
inkban az alakítási ellenállás kiszámítására a következő egyenletet használjuk :

$$k_x = \frac{k_{fx} - k_{f1} \cdot \left( \frac{F_x + Q_x \cdot \mu}{2 f_x} \right)}{1 + \frac{F_x + Q_x \cdot \mu}{2 f_x}} \quad (51)$$

A 47., 50., illetve 46. képletekkel kiszámítottam a feszültségeloszlást a húzóüreg hossz tengelyének irányában és a húzóüreg fala mentén (34. ábra). A húzott rúd anyaga réz:  $Cu$  99,8, a húzott rúd átmérője húzás előtt 6 mm, húzás után 5 mm volt. A húzószög  $12^\circ$  volt.

### 3. A legkedvezőbb húzószög

A legkedvezőbb húzószög az, amelynél a legkisebb húzóerővel lehet az alakítást elvégezni. A 26. egyenlet értelmében a húzóerő:

$$Z = k_k \cdot (F + Q \cdot \mu) + 0,77 \cdot k_{fk} \cdot f_2 \cdot \alpha \quad (26)$$

egyszerűsített alakban:

$$Z = k_k \cdot F \cdot \left( 1 + \frac{\mu}{\alpha} \right) + 0,77 \cdot k_{fk} \cdot f_2 \cdot \alpha. \quad (26a)$$

A  $Z$  húzóerő tehát az  $\alpha$  húzószög függvénye. Vizsgáljuk meg, hogy van-e ennek a függvénynek szélső értéke és van-e maximuma vagy minimuma. A 47. függvénynek szélső értéke ott van, ahol

$$\frac{dZ}{d\alpha} = 0.$$

Ezek szerint tehát a 47-es függvény  $\alpha$  szerinti differenciálhányadosa

$$\begin{aligned} \frac{dZ}{d\alpha} &= \frac{d}{d\alpha} [k_k \cdot F + k_k \cdot F \cdot \frac{\mu}{\alpha} + 0,77 \cdot k_{fk} \cdot f_2 \cdot \alpha] = \\ &= -k_k \cdot F \cdot \mu \cdot \alpha^{-2} + 0,77 \cdot f_2 \cdot k_{fk}. \end{aligned} \quad (52)$$

Ez a differenciálhányados ott zérus, ahol

$$k_k \cdot F \cdot \mu \cdot \alpha^{-2} = 0,77 \cdot f_2 \cdot k_{fk},$$

azaz ahol

$$\alpha^2 = \frac{k_k \cdot F \cdot \mu}{0,77 \cdot f_2 \cdot k_{fk}},$$



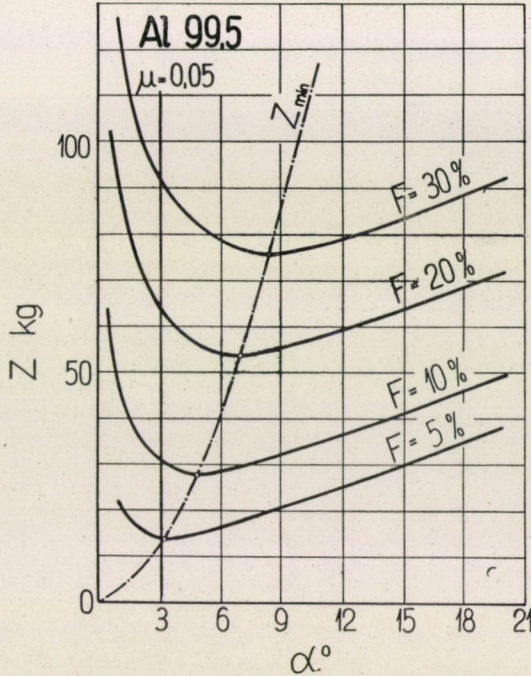
illetve ahol,

$$\alpha = \sqrt{\frac{k_k \cdot F \cdot \mu}{0,77 \cdot f_2 \cdot k_{fk}}} \quad (53)$$

Most vizsgáljuk meg, hogy az a szélső érték maximuma-e vagy minimuma-e. Tehát állapítsuk meg, hogy a  $Z = f(\alpha)$  függvénye második differenciálhányadosának előjele pozitív-e vagy negatív. Minthogy

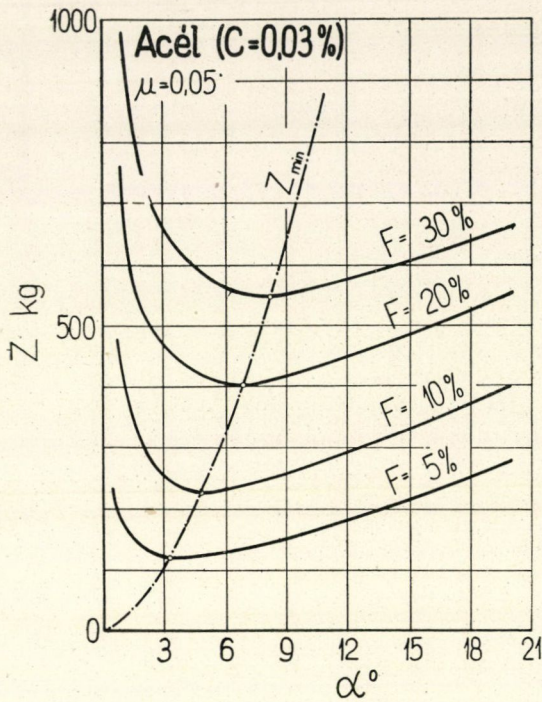
$$\frac{d^2 Z}{d \alpha^2} = + \frac{2 \cdot k_k \cdot F \cdot \mu}{\alpha^3}$$

másodrendű differenciálhányados előjele pozitív, következik, hogy a  $Z = f(\alpha)$  függvénynek a 49. egyenlet által megadott helyén minimumon van, azaz a húzóerő az  $\alpha$ -nak a 49. egyenlet által megadott értékénél a legkisebb.

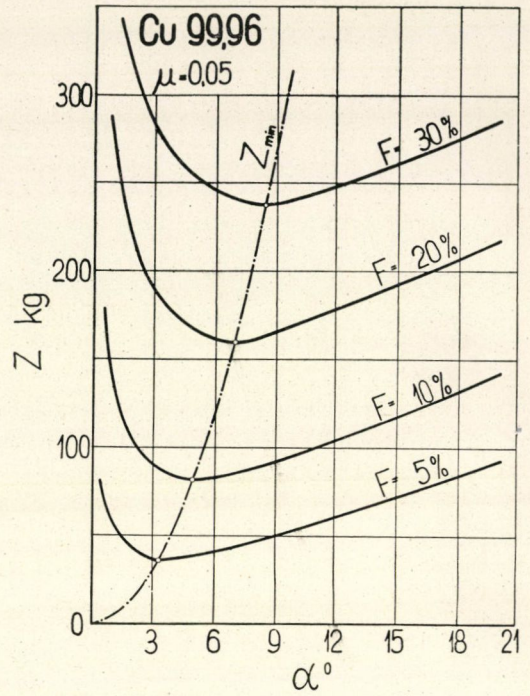


35. ábra.

A 35., 36. és 37. ábrákon fel van tüntetve, hogy a húzóerő acél, réz és alumínium húzása esetében miként változik a húzószög és a fogyás függvényében. A görbék minimuma, azaz a legkedvezőbb húzószög a rajzokról leolvasható. A legkedvezőbb húzószög a 49. képlettel van ellenőrizve.



36. ábra.



37. ábra.

#### 4. Melegfejlődés a hideghúzás folyamán

Képlékeny alakításnál az alakváltozási munka teljes egészében meleggé alakul át, hasonlóképpen a fellépő súrlódási munkák is meleggé válnak. Áll ez természetesen a dróthúzásra is. A keletkező meleg, különösen nagyobb gépeknél igen tetemes lehet és így ennek a melegnek az elvezetéséről, vagyis hatékony hűtésről kell gondoskodni.

A melegfejlődés forrásai és a melegmennyiség drót- és rúdhúzásnál a következők:

A húzási munkával egyenértékű meleg húzószerszámonként (kg/cal)  $i$  másodperc alatt:

$$W_h = \frac{1}{A} \cdot \left[ k_k \cdot F \cdot \left( 1 + \frac{\mu}{\alpha} \right) + 0,77 \cdot f_2 \cdot \alpha \cdot k_{fk} \right] \cdot v \cdot i. \quad (55)$$

Ez a meleg, mint látjuk, három részből tevődik össze. Az egyik az alakítási munkával egyenértékű meleg:

$$W_a = \frac{1}{A} \cdot F \cdot k_k \cdot v \cdot i \quad (56)$$

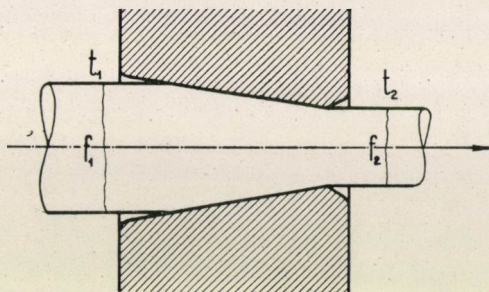
a második a húzószerszám dolgozó felületén keletkező súrlódási munkával egyenértékű meleg:

$$W_s = \frac{1}{A} \cdot k_k \cdot Q \cdot \mu \cdot v \cdot i \quad (53)$$

a harmadik a belső anyagmozgásból keletkező meleg:

$$W_b = \frac{1}{A} \cdot 0,77 \cdot f_2 \cdot k_{fk} \cdot \alpha \cdot v \cdot i. \quad (54)$$

Itt külön kell foglalkoznunk a szerszám melegedésével. A szerszám melegedésének, mint tudjuk, két oka van. Az egyik az alakváltozási munkától felmelegedő anyagból a szerszámba áramló meleg (52., 54. egyenlet,) a másik a súrlódás következtében a húzóüreg dolgozó felületén keletkező meleg (53. egyenlet),



38. ábra.

Ha a szerszámba befutó drót hőmérséklete  $t_1$ , a kifizető  $t_2$ , akkor, ha a hőmérsékletváltozás pusztán az alakváltozási munka következtében állt elő, a  $(t_2 - t_1)$  hőmérsékletnövekedés a következőképpen határozható meg (37. ábra):

$$M \cdot c \cdot (t_2 - t_1) = \frac{1}{A} \cdot (F \cdot k_k + 0,77 \cdot f_2 \cdot \alpha \cdot k_{fk}) \cdot v \cdot i. \quad (55)$$

Ebben a képletben  $M$  az üregen  $i$  másodperc alatt keresztülfutó drót súlya:

$$M = f_2 \cdot v \cdot i \cdot \gamma, \quad (56)$$

amely képletekben  $c$  a huzal anyagának fajmelege (vasnál  $c = 0,115$  kcal/kgC°)  $\gamma$  a drót anyagának fajsúlya (vasnál  $\gamma = 7,8 \cdot 10^{33}$  kg/cm<sup>3</sup>)  $A = 42700$  kgcm/kg-cal a munka melegegyenértéke. Az 55. és 56. egyenletek értelmében:

$$f_2 \cdot v \cdot \gamma \cdot i \cdot c \cdot (t_2 - t_1) = \frac{1}{A} \cdot (F \cdot k_k + 0,77 \cdot f_2 \cdot \alpha \cdot k_{fk}) v \cdot i \quad (57)$$

ebből a hőmérsékletemelkedés :

$$\Delta t = t_2 - t_1 = \frac{1}{A} \cdot \frac{F \cdot k_k + 0,77 \cdot f_2 \cdot \alpha \cdot k_{fk}}{f_2 \cdot \gamma \cdot c}, \quad (58)$$

illetve az üregből kifutó drót hőmérséklete :

$$t_2 = t_1 + \frac{1}{A} \cdot \frac{F \cdot k_k + 0,77 \cdot f_2 \cdot \alpha \cdot k_{fk}}{f_2 \cdot \gamma \cdot c}. \quad (59)$$

A drót felmelegedése következtében a húzószerszámnak is fel kell melegednie. Ha megállana az a feltevés, hogy  $\mu = 0$  és a drót melegedése csak az alakváltozási munka következménye, egy idő múlva nyugalmi állapotnak kellene beállnia, vagyis a szerszám hőmérséklete egy bizonyos hőmérséklet fölé nem emelkednék (59). Ez a hőmérséklet a  $t_2$  és  $t_1$  közé esnék. A valóságban azonban ez nincs így. A  $\mu$  súrlódási tényező nem zérus, hanem nagyobb zérusnál. A húzóüreg dolgozó felületén pedig a súrlódási munka következtében (53. egyenlet) állandóan meleg fejlődik, amely függetlenül a drót és a szerszám hőmérsékletétől, hozzáadódik a drót és a szerszám melegéhez és azok hőmérsékletét folytonosan emeli. Amennyiben nem gondoskodunk a szerszám erőteljes hűtéséről, hőmérséklete olyan nagy lehet, hogy a kenés lehetetlenné válik, a drót berágódik a szerszámba és ennek következtében elszakad. A súrlódás folytán, a húzóüregben keletkező meleg részben a szerszám, részben a drót hőmérsékletét emeli. Hogy mennyi meleg megy a drótba és mennyi a szerszámba, az függ a drót és a szerszám hőmérsékletétől és melegvezetőképességétől. Irodalmi adatok szerint vasdrótok húzásakor a fejlődő meleg 0,8 része a drótba és 0,2-ed része a húzószerszámba megy.<sup>22</sup> Tehát a szerszámban keletkező meleg 0,2-részt kell hűtővízzel elvinni.

$$HW = r \cdot \frac{1}{A} \cdot k_k \cdot Q \cdot \mu \cdot v \cdot i, \quad (60)$$

ahol  $r = 0,2$ .

Az 59. egyenlet nem függ sem az időtől, sem a sebességtől.

### Összefoglalás

Fenti dolgozatban ismertettem a hideghúzás elméleti alakítási munkájára és a húzóerőre vonatkozó különböző feltevéseket. A húzóerőnek és a hideghúzás munkájának kiszámítására szolgáló, az irodalomban elterjedt különböző képletek ellen az a kifogás emelhető, hogy meglehetősen komplikált voltak miatt gyakorlati számításokra meglehetősen nehézkesek, a kísérleti

<sup>22</sup> Siebel, E. und Kobitsch, R.: Die Erwärmung des Ziehutes beim Drahtziehen. Stahl u. Eisen, 1943. S. 110/113.

Lueg, W.: Temperatur- und Kraftverhältnisse beim Ziehen durch Mehrfachdüsen. Stahl und Eisen, 1943. S. 113/114.

eredményekkel összehasonlítva gyakran erős eltérést mutatnak, továbbá hiányosságuknak kell betudnunk, hogy az egyes tényezők befolyása nem egyszerűen világlik ki belőlük a gyakorlat embere számára. Mindemellett a képletek is csak közelítő feltevések alapján épültek fel.

A továbbiakban bemutatom az általam kidolgozott húzási elméletet, illetve azokat a képleteket, amelyek segítségével a húzóerő, az alakítási ellenállás, a legkedvezőbb húzószög, a húzott anyag felmelegedésének mértéke úgy drót-, mind rúd, mind csőhúzásnál kiszámítható. A levezetett képletek rendkívül egyszerűek, a gyakorlati ember számára könnyen kezelhetők. A képletek helyességének bizonyítására számos kísérleti és számított adatot a mellékelt ábrákon összehasonlítottam.



# ÖTVÖZETEK SZOLIDUSZÁNAK MEGHATÁROZÁSA DILATOMÉTERREL

VERŐ JÓZSEF

Beérkezett 1951. okt. 25.

Rendszerint a hőtartalom változása segítségével határozzuk meg a kristályosodási folyamatok hőmérsékletét. Az egyszerű lehülési görbe töréspontjai, vagy a *Kurnakov—Roberts—Austen* módszerével megfigyelt hevítési görbe azokat a hőfokokat szolgáltatják, amelyekken valami kristályosodási, vagy olvadási folyamat következtében a vizsgált ötvözet hőtartalma hirtelen változik. Az olvadás kezdő hőmérsékletének meghatározására sztatikai módszerként a mikroszkópos módszer használható; ez abban áll, hogy a sejtett, vagy becsült szolidusz-hőmérséklet közeléből, 5—10°-onként változó hőfokról az ötvözetnek 5—8 próbadarabját megedzzük. Mikroszkópon állapítjuk aztán meg melyik próbában, ill. milyen hőfokról edzett darabban találunk megolvadt, aztán újból kristályosodott cseppeket. Legutóbb a villamos ellenállásnak az olvadás kezdő hőmérsékletén bekövetkező változását is sikerrel alkalmazták a könnyen olvadó ólom-önötvözetek szoliduszának meghatározására (1).

Szilárd állapotban végbemenő átalakulások és szövétváltozások megfigyelése végett egyéb fizikai tulajdonságok, pl. a hőkozta tágulás, a mágneses sajátságok változásait már régóta felhasználjuk; ezeket az olvadás kezdő hőmérsékletének meghatározására még nem kísérelték meg alkalmazni. Éppen a szolidusz-meghatározás módszereit nagyon hasznos ilyen új módszerrel gazdagítani, mert az eddig ismert módszerekkel elég hosszadalmas dolog egy ötvözetrendszer szoliduszát meghatározni. A legtöbb ötvözetrendszer szolidusza, még a kétalkotósoké is, csak bizonytalanul ismert.

A hőben való kezelés korszerű módszerei és berendezései másrészt elég gyakran kívánatosná teszik, hogy még többalkotós ötvözetek szoliduszát is pontosan ismerjük, főleg a könnyűfémiparban. Egy megbízható és egyszerű szolidusz meghatározó módszernek ezen a téren tehát közvetlen gyakorlati alkalmazása is volna.

Ez a dolgozat a dilatométerrel való szolidusz meghatározás módszerét ismerteti. Azért esett a választás erre a módszerre, mert a dilatométer-kísérlet aránylag könnyen automatikussá tehető, tehát nem kíván állandó felügyeletet, mint a differenciás hevítési görbe és nem jár olyan sok munkával, mint a mikroszkópos eljárás.

### A kísérleti berendezés

Kísérleteimben mindvégig egy *Leitz*-gyártmányú, *Bollenrath*-rendszerű dilatometert használtam (leírását lásd (2)-ben). A próbadarab általában 3 mm átmérőjű, 50 mm hosszú öntött rudacska; erre, a két vége közelében, 0,2 mm átmérőjű alumínium drótkarikát csavartam, hogy a rúd a próba elhelyezésére szolgáló kvarccsővekhez ne tapadjon hozzá. A rudakat (3)-ban már bemutatott kis kokillában öntöttem. A dilatométer a próba tágulását 200-szoros nagyításban fényérzékeny papírra rajzolja fel.

A kemence hőmérsékletét, amely elvben megegyezik a próba hőfokával, egy hasonló méretű szinalumíniumrúd tágulása méri; ha 650°-ot meghaladó hőmérsékletig kellett a kísérletet folytatni, akkor erre a célra Chronin-rudacskaát használtam. Az ennek a két hőfokjelző anyagnak megfelelő hőmérsékletskálát számítással is meghatároztam a tágulási együtthatójuk és a készüléknek előzetesen megmért nagyítása alapján, azonkívül kísérletileg is ellenőriztem. Az utóbbi célból a hőfokjelző rúd egy centrális furatába egy Pt-PtRh-termoelem forrasztási helyét illesztettem be; a termoelem hitelesítését 99,99%-os alumínium, elektrolitcink és lágyólom olvadáspontja segítségével végeztem; az elem termoerjét hitelesítéskor is, meg a dilatométer hőfokskálájának ellenőrzésekor is a (4)-ben leírt potenciométeres módszerrel, 0,01 mV pontosan mértem. A számított és kísérletileg nyert hőfokskála egészen pontosan megegyezett egymással; a legnagyobb eltérés  $\pm 1\%$  volt.

Alumínium-hőfokjelző használatakor 1 mm a hőmérsékletskálán kb. 3 C°-nak felel meg, a Chronin-rudacska hőfokskáláján pedig, ennek az anyagnak kisebb lévén a tágulási együtthatója, 7°-nak. Az elérhető pontosság fokozása végett alumíniumot használtam hőfokjelzőként, amikor csak lehetséges volt.

A kemence fűtésének szabályozására egy *Borel*-gyártmányú programmszabályozó szolgált. Ez a szabályozó 12, vagy 24 óra alatt végez egy ciklust. Az öntött próbatesteket a szoliduszig való felhevítést megelőzően alkalmas hőfokon homogenizáltam; ezt egyszerűen úgy sikerült megoldani, hogy a szabályozó motorját megállítottam, amikor a homogenizálás hőmérsékletét elértem. Így a kemence s a benne lévő próba hőmérséklete mindaddig állandó maradt, amíg a motort újra el nem indítottam. A motor elindításával a hevítés tovább folytatható volt anélkül, hogy a próbát előbb le kellett volna hűteni közönséges hőmérsékletig.

A kísérleti ötvözetek készítésére felhasznált fémek mind a lehető legtisztábbak voltak; raffinált alumínium, elektrolitréz, elektrolitcink, elektrolitkróm és tiszta ón (99,85%-os) voltak a fontosabb kiinduló anyagok. A vékony öntött rudakban létrejött esetleges dúsulást, fordított különválást figyelmen kívül hagytam.

Valamennyi dilatométergörbét fényérzékeny papíron készítettem el; a később bemutatott görbék zöme ezeknek fényképezett másolatáról készült.

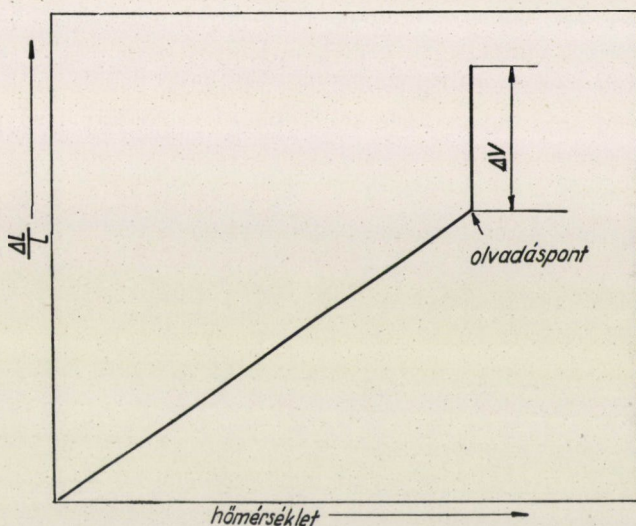


Mint hogy a fényérzékeny papír minősége nem volt egészen állandó, némelyik görbe gyenge volt, klisékészítésre nem alkalmas; ezeket átlátszó pauszpapírra rajzoltam át, a klisé aztán a rajz fényképéről készült.

*Az olvadással járó térfogatnagobbodás a dilatométergömbén*

Olvadáskor a legtöbb fém fajtérfogata nő, még hozzá a gyakorlatilag fontos fémek közül legnagyobb mértékben az alumíniumé: 6,5%-kal. Öntéskor ez az erős térfoga változás kellemetlen, a dilatométeres kísérletek szempontjából viszont előnyös.

Színfém tágulási görbéjén az olvadáspont hőmérsékletén izotermásan méretnagobbodás mutatkozik, amint az 1. ábra mutatja. Hasonló jelenség



1. ábra. Színfém tágulási görbéje, az olvadással járó térfogatnövekedéssel együtt

észlelhető az olyan ötvözet tágulási görbéjén is, amely ötvözetnek egy része állandó hőfokon válik folyékonyá; ilyenek pl. az eutektikumot tartalmazó ötvözetek. A görbe függőleges szakaszának  $\Delta V$  hosszúsága

$$\Delta V = p \cdot \lambda \cdot L \cdot N.$$

Ebben a képletben  $p$  a folyékonyá váló rész relatív mennyisége,  $\lambda$  a fajlagos hosszúságnövekedés,  $L$  a próbatest hosszúsága,  $N$  a dilatométer nagyítása. A  $\lambda$  fajlagos hosszúságnövekedés a  $v$  térfogatnagobbodásból az

$$(1 + \lambda)^3 = 1 + v$$

összefüggés alapján adódik. Mint hogy  $\lambda$  aránylag kicsiny,

$$1 + 3\lambda = 1 + v$$

és ebből

$$\lambda = \frac{v}{3}.$$

Alumínium esetében  $v = 6,5\% = 0,065$ , ezért  $\lambda = 0,0217$ , ill. 2, 17%. Az alumínium tágulási görbéjén olvadáskor eszerint

$$V = 1 \cdot 50 \cdot 0,021 \cdot 200 = 217 \text{ mm}$$

hosszú függőleges vonalnak kellene jelentkeznie, ha a próba hossza  $L = 50 \text{ mm}$ , a nagyítás  $N = 200$  és  $p = 1$ , minthogy szinalumínium az olvadáspontján teljesen megolvad. A próbatest azonban természetesen összenyomódik, mielőtt még teljesen megolvadhatna és így a függőleges rész rövidebb volna.

A *Bollenrath*-dilatométer a próbatest tágulását egy másik, meg nem olvadó fémrudacska hőmérsékletének függvényeképp regisztrálja. Amikor a próba olvadni kezd, annak következtében, hogy  $Q = p \cdot M \cdot s$  melegmennyiséget közlünk vele — ebben a képletben  $M$  a próbatest tömege,  $s$  pedig az anyagának olvadáshője —, ugyanakkor a hőfokjelző rudacskával ugyanakkora hőmennyiséget közlünk. Ennek következtében ennek a rudacskának a hőmérséklete

$$\Delta t = \frac{Q}{M_1 \cdot c} \text{-vel}$$

emelkedik, ha  $M_1$  a hőfokjelző rúd tömege,  $c$  pedig az anyagának a fajhője. A hőfokjelző rúd tehát melegszik, ennek folytán tágul, a fénypont pedig a próba olvadása közben vízszintes irányban is elmozdul  $\Delta H$ -val (2. ábra):

$$\Delta H = L' \cdot \Delta t \cdot \beta \cdot N.$$

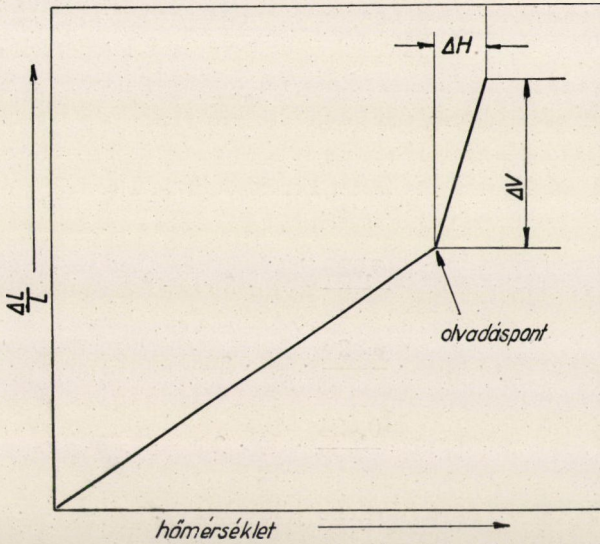
$\Delta H$  képletekben  $L'$  a hőfokjelző rúd hossza,  $\beta$  pedig az anyagának tágulási együtthatója.

A  $\Delta V$  függőleges és  $\Delta H$  vízszintes mozgás eredője egy ferde vonal; olvadáshőmérsékletként természetesen ennek a ferde vonalnak a szilárd állapotra vonatkozó tágulási görbével való metszéspontja, ill. ennek a metszéspontnak abszcissa-értéke veendő figyelembe.

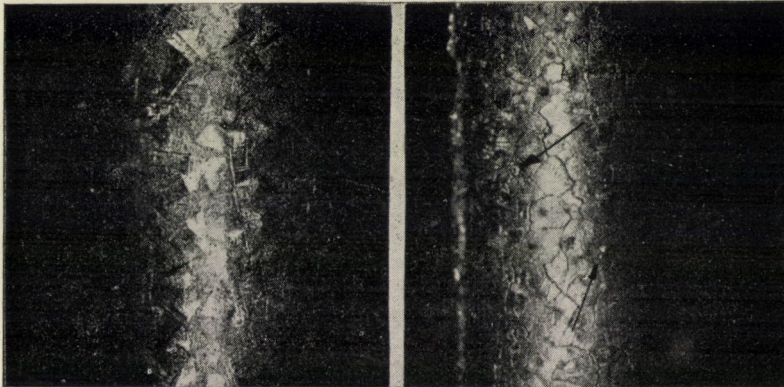
Ha pl. egy alumíniumötvözet 10% eutektikum folyékonyvá válásával kezd olvadni,  $p = 0,1$ ,  $\lambda = 0,0217$ ,  $L = 50$ ,  $N = 200$ ,  $\Delta V = 21,7 \text{ mm}$ ;  $s = 100 \text{ cal/g}$ ,  $M = \frac{3}{4} \cdot 50 \cdot 2,7 \cdot 10^{-3} = 1 \text{ g}$ ,  $c = 0,22$ ,  $\Delta t = \frac{0,1 \cdot 1 \cdot 100}{0,22} = 45^\circ$   $\beta = 25 \cdot 10^{-5}$ ,  $\Delta H = 50 \cdot 45 \cdot 25 \cdot 10^{-5} \cdot 200 = 11,3 \text{ mm}$ . A számításban felhasznált valamennyi érték alumíniumra és a *Bollenrath*-dilatométerre érvényes.

Az olvadással járó teljes térfogatnövekedés azonban nem okoz hosszúságnövekedést. Amikor egy ötvözet részben megolvad, a már folyékony rész szilárd anyag közé van zárva. Az olvadék képződésével járó térfogatnagobbodás megfeszíti a próbának még szilárd részét, az olvadék pedig nyomás alá kerül.

Ha a keletkező olvadék a próba felszínére vezető csatornát talál, akkor ezen át a felületre préselődik és ott a szabadban cseppeket alkot. Ez a kisajtott olvadék természetesen nem okozhat hossznövekedést a próbában,  $\Delta V$  tehát a szá-



2. ábra. Az olvadás okozta térfogatnagybodás, a *Bollenrath*-dilatométer görbéjén



3. ábra. Az 5% óntartalmú próba felszíne kísérlet előtt és után

mítottnál kisebb lesz. Ha a próbát részleges megolvadás, pl. kevéssel a szolidusz fölé való hevítés után újból lehűtjük, akkor a kisajtott olvadék nem szívódik be újra, a próba felszíne pedig a kristályhatárokat követő barázdákat mutat. A 3. ábrában mutatom be egy próbának a felszínét kísérlet előtt és kísérlet után; a nyíl kisajtott olvadékcseppet mutat. A kristályhatárokat követő barázdák világosan látszanak.

### A módszer érzékenysége

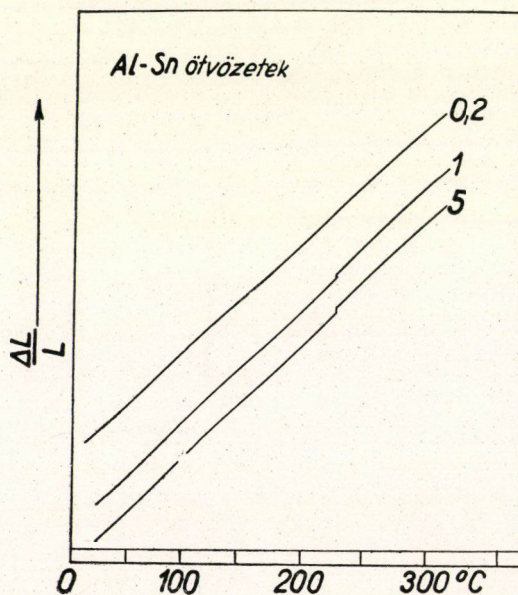
Főleg a most leírt jelenség szükségessé tette a dilatométeres szolidusz-meghatározás érzékenységének megvizsgálását, hogy lássuk, milyen mennyiségű eutektikum megolvadása hagy a tágulási görbén még biztosan felismerhető nyomot. Erre a célra az alumínium-ónötvözetek látszottak alkalmas kísérleti anyagnak. Nemcsak az eutektikum mennyisége, hanem a megolvadásával járó térfogatnagyságok is pontosan ismert ebben az ötvözetrendszerben. Az eutektikum gyakorlatilag tiszta ón (5), ez pedig 2,9%-nyi térfogatnagyságok között olvad. Három ötvözetet készítettem 5, 1 és 0,2% óntartalommal; dilatométer görbéiken számítás szerint

$$\Delta V_5 = 0,05 \cdot \frac{0,029}{3} \cdot 50 \cdot 200 = 4,6 \text{ mm}$$

$$\Delta V_1 = 0,01 \cdot \frac{0,029}{3} \cdot 50 \cdot 200 = 0,92 \text{ mm}$$

$$\Delta V_{0,2} = 0,002 \cdot \frac{0,024}{3} \cdot 50 \cdot 200 = 0,18 \text{ mm}$$

hosszúságú függőleges résznek kellene jelentkeznie.



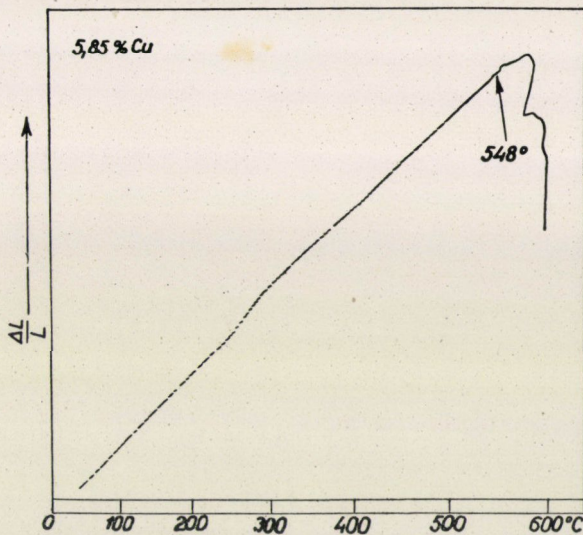
4. ábra. Alumínium-ón-ötvözetek dilatométer görbéje

Az első ötvözet görbéjén nagyon határozott, de 4,6 mm helyett csupán 1,5 mm magas függőleges vonalrész mutatkozott (4. ábra), a második ötvözet

görbéjén a töréspont még éppen észrevehető, de csupán 0,2 mm magas, a harmadik görbe azonban az ön olvadáspontja körül egészen sima volt, felfedezhető töréspont nélkül.

1% ón megolvadása alumíniumötvözet-próba hosszúságát  $0,01 \cdot \frac{0,029}{3} \cdot 50 = 0,0046$  mm-rel, ill.  $100 \cdot 0,0046 : 50 = 0,009$ , kerekén tehát 0,01%-kal növeli meg. Feltehető, hogy minden olyan szövetelem megolvadásának hőmérséklete megállapítható a tágulási görbéből, amely ugyanilyen mértékben növeli meg a próba hosszúságát.

Ha ón helyett más szövetelemről van szó, a még felismerhető nyomot adó eutektikum mennyisége még jóval kisebb lesz 1%-nál. Az alumíniumötvö-



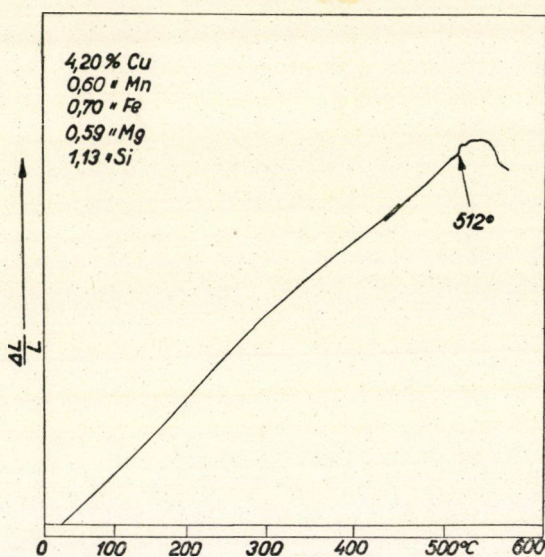
5. ábra. 5,85% Cu-tartalmú Al-ötvözet tágulási görbéje

zetek eutektikumai többnyire kisebb fajsúlyúak az ónnál; az alumínium maga két és félszer könnyebb, mint az ón, 1 súlysúlyalék ón tehát csak 0,4 térfogat-százalékra rúg. Ezenkívül az alumínium és a nagy alumíniumtartalmú szövetelemek több mint kétszer akkora térfogatnagobbodást mutatnak. Ennek folytán az várható, hogy 0,2% ilyen nagy alumíniumtartalmú szövetelem megolvadása a tágulási görbén észrevehető nyomot hagy.

Az elmondottak helyességét az 5. ábra igazolja; ez egy 5,85% réztartalmú alumíniumötvözet tágulási görbéjét mutatja. A szolidusz hőfokán ez az ötvözet  $\frac{5,85 - 5,65}{33 - 5,65} \cdot 100 = 0,75\%$   $Al-CuAl_2$ -eutektikumot tartalmaz. Az 548°-on

észlelhető töréspont olyan erős, hogy annak alapján jóval kisebb mennyiségű eutektikum is elegendőnek látszik jól észrevehető töréspont előidézésére.

Az olvadáshőmérséklet megállapításának pontossága elsősorban a hőfokskála pontosságán múlik; ezenkívül lényeges, hogy a kemence és a benne lévő próbatest hőmérsékletét a kísérlet kezdetén pontosan ismerjük. Ha a hőfokjelző rudacska alumínium, akkor kb. 0,3 mm felel meg  $1^{\circ}\text{C}$ -nak; az abszcisszahosszúságot  $\pm 0,1$  mm pontossággal mérve, az olvadáshőmérséklet kb.  $0,5^{\circ}$  pontossággal adódik. Ha a hőfokjelző chronin, akkor kb.  $\pm 1^{\circ}$  pontosság érhető el. Ez általában kielégítő. Avégett, hogy az induló hőmérsékletet elég pontosan ismerjem, a kemencét mindig szobahőmérsékletig hűtöttem le, lehetőleg éjszaka át, a próba beszerelése után pedig még legalább 30 percig engedtem a hőmérsékletet kiegyenlítődni. Így eljárva, a helyiség hőmérséklete elég pontosan egyezett a görbe kezdőpontjának hőmérsékletével.



6. ábra. Egy komplex alumíniumötvözet tágulási görbéje

A dilatométerrel meghatározott olvadáshőmérsékletek pontosságának ellenőrzése végett több *Al-Cu-Mg-Si*-ötvözetet vizsgáltam meg, a már említett *Al-Sn*- és *Al-Cu*-ötvözeteken kívül. Számos ilyen komplex-ötvözet szolidusz-hőmérsékletét *J. Crowther* (6) nagyon pontosan határozta meg. A magam ötvözeteit a már említett raffinált alumíniumból, elektrolitrézből, kereskedelmi magnéziumból, »Pro Analysis«  $\text{FeCl}_3$ -dal és  $\text{MnCl}_2$ -dal készített segédötvözetekből olvasztottam össze. A kísérletek során mért olvadáshőmérsékleteket a megfelelő irodalmi adattal együtt, a következő táblázat foglalja össze:

Táblázat

Ötvözet (ötvözőfémek)	Szolidushőmérséklet	
	irodalmi adat	a szerző adata
5% Sn .....	228,3	229
5,85% Cu .....	548	548
4,2% Cu, 0,6% Mn, 0,7% Fe, 0,36% Mg, 1,2 % Si	513	513
4,2% Cu, 0,6% Mn, 0,7% Fe, 0,38% Mg, 1,3 % Si	508	508
4,2% Cu, 0,6% Mn, 0,7% Fe, 0,59% Mg, 1,13% Si	512	512
4,2% Cu, 0,6% Mn, 0,7% Fe, 0,97% Mg, 1,0 % Si	514	516

A felsorolt ötvözetek egyikének dilatometer görbáját a 6. ábrában közlöm.

### Egyéb típusú ötvözetekkel végzett kísérletek

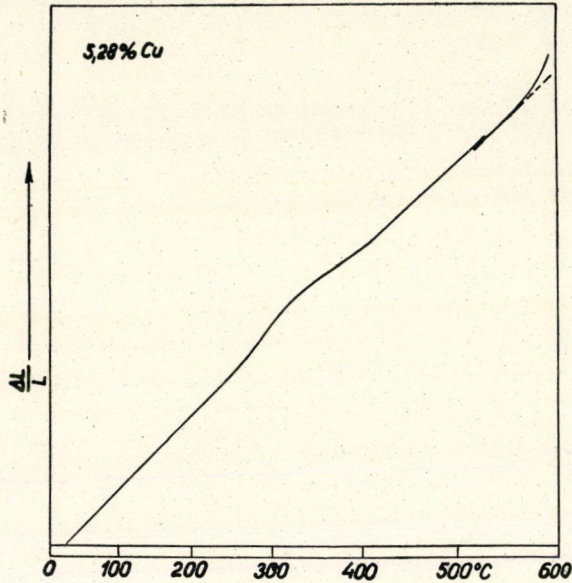
Az eddig tárgyalt ötvözetek olvadása eutektikum folyékonnyá válásával kezdődik meg. Meg kellett vizsgálni azt is, hogy más ötvözetfajták, pl. szilárd oldatból állók, peritektikus reakcióval olvadók adnak-e töréspontot a szolidushőmérsékleten. Ezenkívül ki kellett terjeszteni a vizsgálatot ipari ötvözetekre is, öntött, alakított, és hőben kezelt állapotban.

A gyakorlati öntő alumíniumötvözetek mind jelentős mennyiségű eutektikumot tartalmaznak; kétségtelen tehát, hogy a szolidushőmérsékletüket dilatometerrel jól meg lehet állapítani. Különböző ötvözetekkel végzett kísérleteim ezt a feltevést teljesen igazolták is, akár az egyébként is felhasznált kis kokillába öntött, akár pedig nagy öntvényből esztergált próbadarabot vizsgáltam. Ezek a kísérletek az előzőkhöz képest újat nem jelentenek, ezért a görbékét nem is mutatom be.

Azok a Duralumin- és Aldrey-ötvözetből készült próbatestek, amelyeket alakított és hőben kezelt kereskedelmi rudakból esztergáltattam, nem szolgáltatottak egyértelmű eredményt. Voltak görbék határozott törésponttal, másokon viszont nyoma sem volt töréspontnak. Úgy vettem észre, hogy nagyon lassú — 30°/óra sebességnél lassúbb — hevítéskor adódott töréspont, gyorsabb hevítéskor nem. Ez kissé különös, mert ezek a gyakorlati ötvözetek ugyanolyan típusúak, mint az előzőekben már ismertetett Al-Cu- és komplex-ötvözetek. Eltérő viselkedésüknek talán az az oka, hogy az alakított ötvözetekben nincsen kész eutektikum, hanem csak oldatlanul maradt törmelék a vegyület-kristályokból,  $Mg_2Si$ -ből,  $CuMgAl_2$ -ből stb. Ilyen ötvözetekben hevítéskor az eutektikumnak először képződnie kell a vegyületkristályok körül. Ez a folyamat bizonyos időt kíván, csak fokozatosan megy végbe; gyors hevítéskor az eutektikum képződése nyilván eltolódik nagyobb hőmérsékletre. Így aztán a tágulási görbén töréspont nem jöhet létre. Ez némileg meglepő, mert a szövetben az olvadás megkezdődése gyors hevítéskor is jól felismerhető, sőt legjobban éppen kevéssel a szolidusz felett rövid ideig, fél perccig tartó hevítés után.

Ha tehát ilyen állapotban lévő ötvözetet kell vizsgálni, célszerű belőle kis mennyiséget megolvasztani és próbatestté önteni. Rá kell azonban mutatnom arra, hogy a hőben való kezelés maga nem akadályozza a dilatációs szolidusz-meghatározást; átolvasztani tehát csak alakított anyagot kell.

A homogén ötvözetek közül alumíniumréz-ötvözeteket vizsgáltam. Az *Al-Cu*-ötvözetrendszer szélső — 5,6% *Cu*-tartalomig terjedő — homogén területének szoliduszát 25 évvel ezelőtt vizsgálták utóljára (7); 99,917%-os alumíniumból készült ötvözeteken, mikroszkóposan határozták meg az olvadás



7. ábra. Homogenizált 5,28% *Cu*-tartalmú alumíniumötvözet tágulási görbéje

kezdő hőmérsékletét. Mint a 9. ábra mutatja, megközelítően egyenes vonal adódott. A számított próbatestek edzési hőmérséklete is fel van tüntetve pontok alakjában; egymástól kerekén  $10^\circ$ -nyira voltak.

Kísérleteimben öt ötvözetet, és pedig 1,87, 2,22, 3,49, 5,04 és 5,28 *Cu*-tartalmút vizsgáltam; valamennyi raffinált alumíniumból készült. Az öntött próbatesteket a dilatométer kemencéjében 18—25 óra hosszat  $520^\circ$ -on homogenizáltam, aztán  $25\text{—}30^\circ$ -kal a *Dix-Richardson*-féle szolidusz fölé hevítettem.

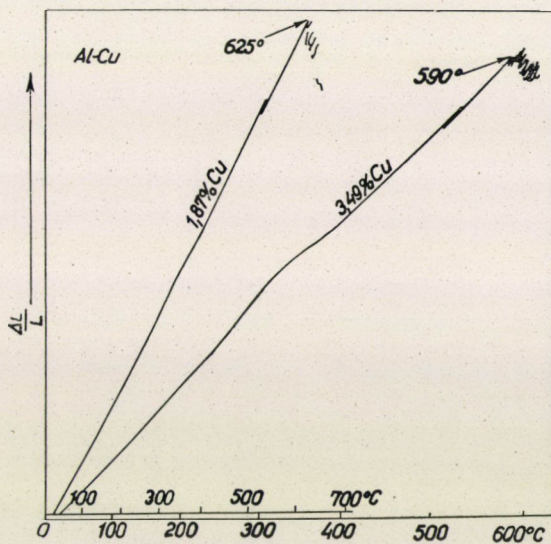
Ezek az ötvözetek különbözőképpen viselkedtek; a négy nagy *Cu*-tartalmú próba olyan görbét adott, amely fokozatosan meredekebb lett, amikor az olvadás megkezdődött, aztán többé-kevésbé éles átmenettel a függőlegesbe csapott és az abszcisszatengelyen végződött; ilyen görbét mutat a 7. ábra. Mint-hogy ezeknek az ötvözeteknek az olvadása tág hőfokközben fokozatosan megy végbe, ennek a görbe-alaknak kell létrejönnie, feltéve, hogy a próba hozzáta-



padt a kvarccsőhöz és így mentesül a korai összenyomódástól. Az ilyen görbéből az olvadás kezdő hőmérséklete nem olvasható ki közvetlenül.\*

Kiegészítésképpen a 3%-nál nagyobb *Cu*-tartalmú ötvözetek szolidusz-hőmérsékletét differenciális hevítési görbével is meghatároztam; kb. 10°-kal tért el az így talált szolidusz-érték attól a hőmérséklettől, amelyen a tágulási görbe a szilárd állapotra vonatkozó, közelítően egyenes vonaltól eltér.

A kis *Cu*-tartalmú ötvözetek dilatométer görbéje megközelítően egyenesen emelkedik, aztán többé kevésbé függőlegesbe megy át; a függőleges azt a



8. ábra. Homogén Al-Cu-ötvözetek tágulási görbéi, hurokképződéssel

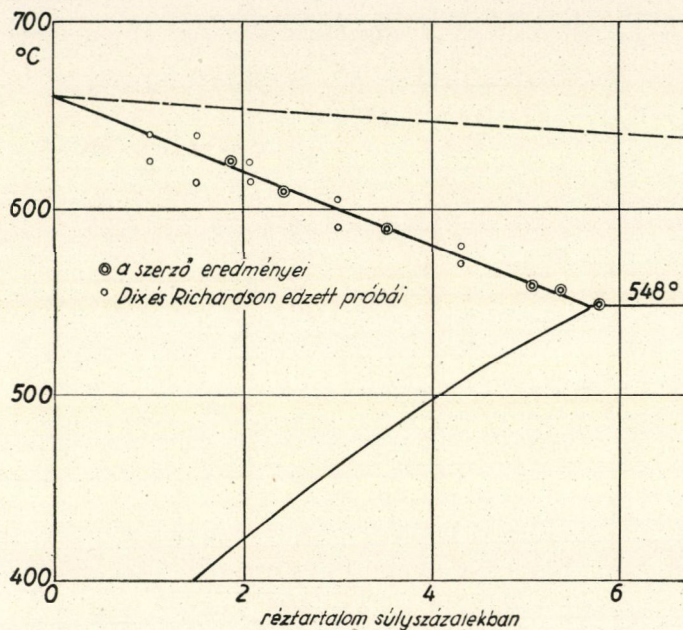
hőmérsékletet jelenti, amelyen a próbatest a dilatométer néhány g-nyi nyomása alatt összenyomódik. Az összenyomódás hőmérséklete nyilván szintén nem azonos az olvadás kezdő hőmérsékletével.

A programmszabályozó a kísérletek folyamán csak a homogenizáló hőmérsékletig való fűtés közben volt bekapcsolva; ezt elérve, a motort megállítottam; továbbfűtés közben a szabályozó nem járt, tehát nem is kapcsolta ki-be a kcmencét, hanem csak arra szolgált, hogy a hevítéskor elérendő hőfokhatárt rögzítse. Így a görbe lényeges része sima volt, a szabályozó működéséből származó nyomok nélkül. A 3,49% *Cu*-tartalmú ötvözetrel végzett egyik

\* Dolgozatom angol változata negyedéve már az *Acta Technica* szerkesztőségénél volt, amikor májusban megérkezett a *Trans. Am. Soc. Met.* ez évi kötete; ebben a 873. oldalon *Adenstedt H.* és *Burns J. R.* pontosan ugyanazzal a kísérleti technikával homogén Mg-ötvözeteken végzett szolidusz meghatározást ismertet. A tágulási görbe deriváltjából, tehát a tágulási együttható változásából homogén ötvözetek szolidusza nehézség nélkül is biztosan megállapítható. Eutektikumot tartalmazó és peritektikus ötvözetekkel nem foglalkoztak. Így *Adenstedt—Burns* dolgozata és a jelen munka úgy egészítik ki egymást, hogy a dilatométeres módszer minden fajta ötvözet vizsgálatára alkalmas.

kísérletkor a szabályozó véletlenül működésben maradt; az eredmény a 8. ábrában bemutatott görbe volt. Ezen a görbén a szolidusz-hőmérsékleten hurkok keletkeztek; az első hurok pontosan a differenciás hevítési görbe szolgáltatta  $590^\circ$ -os hőmérsékleten észlelhető.

Ezek a hurkok a következőképpen keletkeztek; a szolidusz-hőmérsékletet a próba először nyilván olyankor éri el, amikor a szabályozó a kemencét

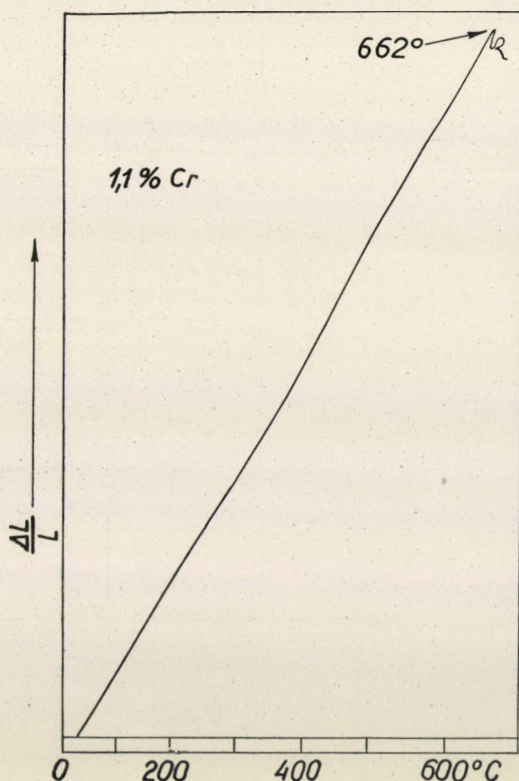


9. ábra. Az Al-Cu-ötvözetrendszer szolidusza Dix és Richardson szerint, a szerző eredményeivel

bekapcsolja. Megkezdődik az olvadás és egy kevés olvadék ki is sajtolódik a próba felszínére. A szabályozó aztán kikapcsolja az áramot, a próba kissé lehűl; minthogy pedig a kisajtott olvadékot a próba nem tudja visszaszívni, az kissé meg is rövidül.

A hurkok alapján valamennyi felsorolt Al-Cu-ötvözet szolidusz-hőmérsékletét sikerült jól meghatározni; mint a 9. ábrába rajzolt eredmények mutatják, a Dix-Richardson-féle egyenestől lényeges eltérés nem adódott.

További ötvözetfajtaként, egy peritektikus ötvözetet is megvizsgáltam; kb. 1,1% Cr-tartalommal több ötvözetpróbát készítettem. Az ilyen ötvözet (8) szerint  $661^\circ$ -on kezd olvadni, mégpedig az ötvözet ezen a hőfokon majdnem egész tömegében folyékonyvá válik. Ennek megfelelően, a dilatometer-görbe majdnem egyenes egészen  $661^\circ$ -ig, itt aztán hirtelen függőlegesbe megy át (10. ábra). Három kísérlet közül kettő  $662^\circ$ -ot, egy pedig  $661^\circ$ -ot adott szolidusz-hőmérsékletként.

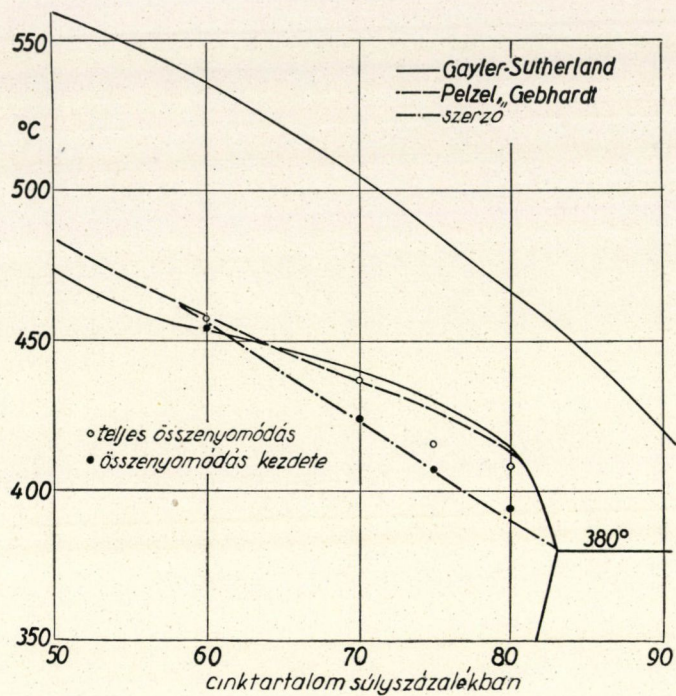


10. ábra. Peritektikus Al-Cr-ötvözet tágulási görbéje

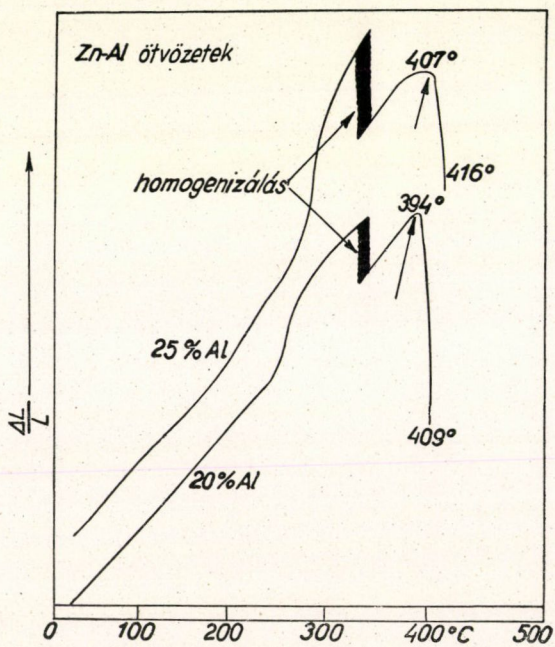
*Az Al-Zn-rendszer szolidusza 60—80% Zn-tartalomnál*

Ennek az ötvözetrendszernek a szoliduszát nyilván nagyon nehéz megállapítani, különösen az említett területben. Nem számítva a kézikönyvekben már felsorolt régebbi vizsgálatokat, az utóbbi években is többször foglalkoztak ezzel a témával (9, 10, 11). Többnyire a mikroszkópos módszert alkalmazták, a 11. ábrában feltüntetett eredményhez jutva. A szolidusznak 60—83% Zn-tartalomnál különös, felfelé ívelt alakja van.

Néhány Al-Zn-ötvözetet, még a hurkos görbék megtalálása előtt azért kezdtem vizsgálni, mert szűk hőfokközben olvadnak; azt reméltem, hogy a görbékből a szoliduszt jobban meg lehet állapítani, mint a tágabb hőfokközben olvadó Al-Cu-ötvözetekét. A kapott görbék olyanok voltak, mint az Al-Cu-ötvözeteké. A legérdekesebb azonban az volt, hogy a próbatestek kisebb hőfokon nyomódtak össze, mint amekkorát az irodalmi adatok az olvadás kezdőhőmérsékleteként feltüntettek. Amint a 12. ábra mutatja, a 80% cinkből és 20% alumíniumból álló ötvözet már 409°-on összenyomódott, holott a szoli-



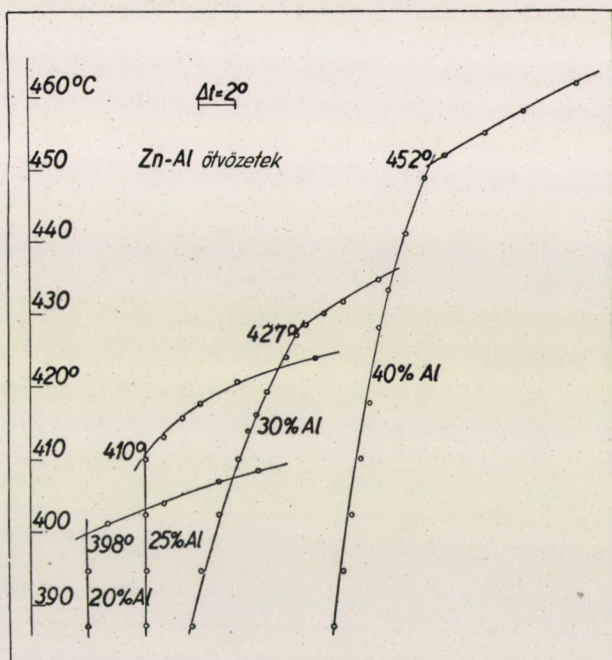
11. ábra. Az Al-Zn-ötvözetrendszer egyensúlyi diagramja 50—90% Zn-tartalomnál



12. ábra. Al-Zn-ötvözetek tágulási görbéi

duszát  $420^{\circ}$ -ban adják meg. Hasonlót tapasztaltam a 25 és 30% *Al*-tartalmú ötvözetekkel, míg a 40% *Al*-tartalmú lényegében az irodalom szerinti szolidusz-hőfokon nyomódott össze.

Egy hőfokközben fokozatosan olvadó ötvözet azonban nem nyomódhatik össze az olvadás kezdő hőmérsékletén. A négy ötvözet tágulási görbéjén megkerestem ezért azt a hőmérsékletet is, amelyen az összenyomódás megkezdődött és berajoltam őket a 11. ábrába. Ezek a pontok lényegében egyenes vonalban fekszenek; az egyenes a  $383^{\circ}$ -os eutektikális végpontjából indul és az irodalomból ismert szolidusz-görbét kb. 58% *Zn*-tartalomnál éri el. Ettől jobbra a régi szolidusz-görbe tekinthető a most meghatározott rész folytatásának.



13. ábra. Zn-Al-ötvözetek differenciális hevítési görbéi

Ennek az eredménynek ellenőrzéseképpen ugyanannak a négy ötvözetnek differenciális hevítési görbéjét is elkészítettem; próbaként a dilatometer próbatetek 15 mm átmérőjű holtfejét használtam. Az *Al-Zn*-ötvözetekben  $275^{\circ}$ -on végbemenő reakció ezeket a kísérleteket erősen zavarta; eredményhez nem is jutottam, amíg a  $360^{\circ}$  körül végzett homogenizálást a további hevítés közben hő nélkül nem követte. Az egyes leolvasásokból szerkesztett görbéket a 13. ábra szemlélteti. A 40, 30 és 25% *Al*-tartalmú ötvözetek szolidusza ugyanolyan értékkel adódott, mint a dilatométeres kísérletben, a 20% *Al*-tartalmú

ötvözet azonban olyan eredményt szolgáltatott, amely sem a dilatometrikus kísérlet eredményével, sem a vonatkozó irodalmi adattal nem egyezik pontosan.

Így tehát két egymástól független módszer 60 és 83% *Zn*-tartalom között egyenes szolidusz-vonalat eredményezett; azt nem vizsgáltam tovább, hogy a régebbi meghatározások miért vezettek eltérő eredményre.

### Összefoglalás

Az olvadással járó térfogatnagyoobbodás segítségével ötvözetek szolidusz-hőmérséklete dilatometrikusan meghatározható. Alumíniumötvözeteken végzett kísérleteim a következő lényegesebb eredménnyel jártak.

1. Kismennyiségű eutektikumnak öntött ötvözetben való megolvadása a tágulási görbén határozott töréspontot okoz. Olyan peritektikus ötvözet tágulási görbéje, amely a szolidusz-hőmérsékleten zömében megolvad, összenyomódik, a peritektikus reakció hőfokán véget ér. Alakított állapotban lévő ötvözetnél némi nehézség van, csak nagyon lassú hevítés szolgáltat olyan görbét, amelyből az olvadás kezdő hőmérséklete megállapítható; ilyen ötvözetet a vizsgálat céljából jobb átolvasztani és próbatestté önteni. Homogén ötvözetek tágulási görbéje a szolidusz-hőmérsékleten csak meredekebbé válik, töréspont nélkül. Ha a készülék kemencéjét szabályozó segítségével hevítjük, akkor az ilyen ötvözet görbéje a szolidusz-hőmérsékleten hurkos lesz; ilyen görbéből az olvadás kezdő-hőmérséklete közvetlenül megállapítható.

2. Nagyon tiszta *Al-Cu*-ötvözetek szolidusz-vonala a szilárd oldat területében egyenes vonal, amilyennek 25 évvel ezelőtt találták. A 60—80% *Zn*-tartalmú *Zn-Al*-ötvözetek szolidusz-hőmérséklete azonban kisebbnek adódott az irodalmi adatoknál. Az újonnan megállapított pontokon át egyenes szolidusz-vonal húzható, a régebbi, felfelé görbült vonal helyett.

### IRODALOM:

1. *Hultgren, R. és Lever, S. A.*: Use of Electrical Resistance Measurements to Determine the Solidus of the Lead-tin Systems. *Journal of Metals*, 1. (1949.) 67. o.
2. *Bollenrath, F.*: Ein neues optisches Dilatometer. *Z. Metallk.*, 25. (1933.) 163 és 26 (1934.), 62. o.
3. *Verő, J.*: Rácsmaradványok fémolvadékban és hatásuk a szövetre. *M. T. A. Műsz. Oszt. Közl.* 1951. (1) 2. sz.
4. *Verő, J.*: Egy pontos hőfokmérő eljárás. *Kohászati Lapok* 1951. (84.) 80. o.
5. *Sully, H., Hardy, H. K. és Heal, T. J.*: The aluminium-tin Phase Diagram. *J. Inst. Met.*, 76. (1949—3), 1219. sz. dolgozat.
6. *Crowther, J.*: Overheating Phenomena in Aluminium-copper-magnesium-silicon Alloys of the Duraluminium Type. *J. Inst. Met.*, 76. (1949—3), 1216 sz. dolgozat.
7. *Dix, E. H. és Richardson, H. A.*: *Trans. Am. Inst. Min. Met. Eng.* Febr. 1926. Preprint. L. még *Z. Metallk.*, 18. (1926.) 196. o.
8. *Mondolfo, L. F.*: *Metallography of Aluminium Alloys.* Wiley, New-York, 1943. 13. o.
9. *Gayler, M. L. V. és Sutherland, E. G.*: The Constitution of Aluminium-zinc Alloys of High Purity. *J. Inst. Met.*, 63. (1938.) 813. sz. dolgozat.
10. *Pelzel, E.*: Der Verlauf der Liquidus- und Soliduskurve im System Aluminium-Zink zwischen 30 und 70% Aluminium. *Z. Metallkunde*, 40 (1949.) 134. o.
11. *Gebhardt, E.*: Gleichgewichtsuntersuchungen in den Systemen Zink-Aluminium und Zink-Aluminium-Kupfer. *Z. Metallk.*, 40. (1949.) 136. o.

# A BAUXITBAN LÉVŐ RÁDIOAKTÍV ELEMÉK MEGHATÁROZÁSÁRÓL

MÉHES KÁLMÁN és CSÓKÁS JÁNOS

Beérkezett 1951. május 19.

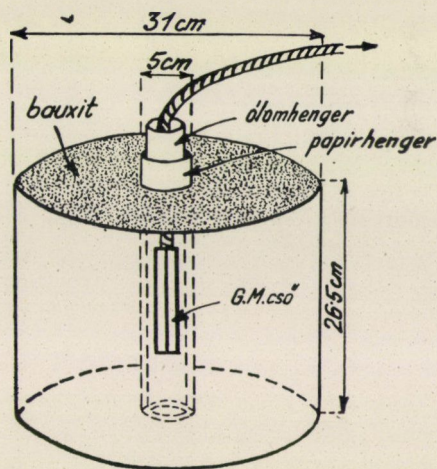
Több éve folynak hazánkban a kutatások olyan ásványok és kőzetek után, amelyek elég nagy mennyiségben tartalmaznak radioaktív elemeket ahhoz, hogy azok kitermelése gazdaságosnak ígérkezzék.

Az elmúlt évek kutatási eredményei szerint eddig — tudomásunk szerint — kőzeteink közül a tonnánként 8—10 gramm urániumot és 40—70 gramm tóriumot tartalmazó gránit, majd a kétsillámú gránitgnejsz mutatkozott a legradioaktívabbnak.

Üledékes kőzeteink vizsgálata során Méhes K.-nak feltűnt egyes hazai bauxitfajták radioaktivitása,<sup>1</sup> amely, mint az az alábbi mérésekből kitűnik, elég nagy intenzitású.

A vizsgálatokat a soproni Műszaki Egyetem Ásvány- és Kőzetradiológiai Laboratóriumában végeztük Geiger—Müller-rendszerű számlálósővel.

A mérésekhez az alábbi rajzon bemutatott elrendezést használtuk.



1. ábra

A kozmikus sugárzás mérésénél a számlálósövet 1,5 cm falvastagságú ólmengerbe helyeztük. Ennek elnyelő hatása ugyanis megfelel a méréshez használt bauxit abszorpciójának.

<sup>1</sup> Méhes K.: Üledékes kőzeteink radiológiai vizsgálata. I. Bauxitok. Földtani Közlöny 1951. I.—3. sz.

Mérésünk célja egyrészt a sugárzás intenzitásának a mérőeszköztől független számadattal való meghatározása, másrészt annak eldöntése, vajjon a tekintetbe vehető radioaktív elemek közül urániumtól és vele radioaktív egyensúlyban lévő származékaitól, vagy tóriumtól és vele radioaktív egyensúlyban lévő származékaitól ered-e a bauxit sugárzása.

A sugárzás intenzitásának mértékéül használhatjuk a kőzetsugárzás és a kozmikus sugárzás hányadosát. Ez a vizsgált bauxitmintára nézve :

$$\frac{I_{0B} - K_1}{K_1} = 2,24.$$

A bauxitban lévő sugárzó anyagra vonatkozólag úgy próbáltunk felvilágosítást kapni, hogy :

1. megmértük egy 0,283 cm vastag ólomhenger tömegabszorpciós együtthatóját a vizsgált 27,5 kg súlyú bauxit sugárzására;
2. majd egy jachymovi uránszurokérc és
3. egy tóriumdioxid preparátum sugárzására nézve.

Ha a vizsgált bauxit sugárzására vonatkozó tömegabszorpciós együttható megegyezne a másik két anyag valamelyikének sugárzására vonatkozó tömegabszorpciós együtthatóval, feltehetnők, hogy azzal azonos sugárzásról van szó.

Méréseink szerint a vizsgált bauxitra jellemző tömegabszorpciós együttható a másik két anyagra jellemző érték között van éspedig :

$\frac{\mu}{\rho}$	uránszurokérc	bauxit	tóriumdioxid	$\frac{cm^2}{g}$
	0,156	0,109	0,099	

Megjegyezzük, hogy az uránszurokércre és a tóriumdioxidra vonatkozó számításoknál, az ólomárnyékolás nélkül mért kozmikus sugárzást vontuk le, mivel ezeknél a méréseknél a számlálócsövet nem vette körül elnyelő közeg, mint a bauxit esetében. A tömegabszorpciós együtthatóra nyert adatok azt mutatják, hogy mindkét számításba vehető radioaktív anyag jelen lehet a vizsgált bauxitban. Erre pontos választ azonban csak a folyamatban lévő egyéb módszerekkel végzett felderítés fog adni. Az adatok összehasonlításából azonban azt látjuk, hogy a bauxit tömegelnyelési együtthatója jóval közelebb áll a tóriumdioxidéhoz, amiből következik, hogy a bauxitban az urán mennyisége alárendeltebb.



A fenti eredményeket az alábbi táblázatban összefoglalt mérési adatokból számítottuk. (Az adatok a műszerről közvetlenül leolvasott értékek.)

$K_1$	$K_2$	$I_{OB}$	$I_B$	$I_{OU}$	$I_U$	$I_{OTh}$	$I_{Th}$
372	610	1206	895	1656	1244	2418	1926

Ahol is  $K_1$  a kozmikus sugárzás 1,5 cm falvastagságú ólomárnyékolással,  
 $K_2$  a kozmikus sugárzás árnyékolás nélkül,  
 $I_{OB}$  a bauxitban mért sugárzás abszorbens nélkül,  
 $I_{OU}$  az uránszurokércben mért sugárzás abszorbens nélkül,  
 $I_{OTh}$  a tóriumdioxidban mért sugárzás abszorbens nélkül,  
 $I_B$  a bauxitban mért sugárzás a cső körül elhelyezett 0,283 cm vastag ólomabszorbenssel,  
 $I_U$  az uránszurokércben mért sugárzás a cső körül elhelyezett 0,283 cm vastag ólomabszorbenssel,  
 $I_{Th}$  a tóriumdioxidban mért sugárzás a cső körül elhelyezett 0,283 cm vastag ólomabszorbenssel.

Minden mérés 20 percig tartott. Ha hosszabb volt a mérés időtartalma, átszámítottuk 20 percre.

A tömegabszorpciós együttható kiszámításánál az ismeretes

$$I = I_0 e^{-\frac{\mu}{\rho} \cdot y}$$

képletből indultunk ki, amelyben :

$I_0$  a sugárzás intenzitását jelenti elnyelés előtt,

$I$  a sugárzás intenzitását jelenti elnyelés után,

$\rho$  az abszorbens sűrűsége (esetünkben ólomra 11,34),

$y$  az abszorbens 1 cm<sup>2</sup> felületű rétegének anyagmennyisége (számításainkban  $0,283 \cdot 11,34 \approx 3,21$ ), így

$$\frac{\mu}{\rho} = \frac{\log I_0 - \log I}{0,4343 \cdot y}$$

A mérési adatok megbízhatósága attól függ, hogy az eszköz milyen mértékig tartja meg érzékenységet a mérés tartama alatt, vagy nem lép-e föl mérés közben észrevétlenül egyéb hiba.

A Geiger—Müller számlálócsőnél a természet szolgáltat megbízható ellenőrzési módot a kozmikus sugárzás útján, ugyanis a kozmikus sugárzás intenzitását nem túl hosszú időn belül állandónak tekinthetjük. Így ha egy sugárzó anyag 20 percig tartó mérése előtt és a mérés után is ugyanakkora intenzitásúnak találjuk a kozmikus sugárzást, feltehetjük, hogy eszközünk állapota a mérés alatt nem változott meg.

Méréseinknél egyrészt a műszer áramköri adatait állandóan ellenőriztük, másrészt minden mérési sorozat előtt és után mértünk kozmikus sugárzást. Mind az áramköri adatok, mind pedig a kozmikus sugárzás intenzitása a megengedhető statisztikus ingadozáson belül az egész mérés tartama alatt azonosak voltak.

A műszerkonstans meghatározásához 0,35 gr. súlyú és 21 mm átmérőjű tórium szinfelemezt használtunk. A mérésnél alkalmazott kis távolságok miatt, a távolság négyzetének és az impulzus számnak a szorzata nem volt állandó, hanem a távolság növelésével konstansértékhez konvergált. Ez az érték adja a készülék műszerkonstansát, amely

$$23,6 \cdot 10^2 \text{ impulzus} \cdot \text{cm}^2/\text{min. gr. Th}$$

### *Összefoglalás*

A vizsgálat célja egyrészt a bauxit radioaktív sugárzási intenzitásának a mérőeszköztől független számadattal való meghatározása, másrészt annak eldöntése, hogy a tekintetbe vehető radioaktív elemek közül urániumtól és a vele radioaktív egyensúlyban levő bomlástermékeitől vagy tóriumtól és a vele radioaktív egyensúlyban levő bomlástermékeitől ered-e a sugárzás?

A vizsgálatokat Geiger—Müller számlálócsővel végeztük.

A mérések szerint a bauxit radioaktív sugárzása, az eddig megvizsgált magyarországi nyersanyagok között, egyike a legerősebbeknek. A bauxit uránium és tórium tartalmát a sugárzás tömegabszorpciós együtthatója segítségével akartuk meghatározni. Vizsgálataink szerint mindkét sugárzó anyag jelen lehet a bauxitban.

# FÉMEK HŐOKOZTA TÁGULÁSÁNAK 1 % PONTOSSÁGÚ MÉRÉSE

SZÖNYI GÁBOR

Beérkezett 1951. június 11-én.

A fémek és ötvözetek hőokozta tágulási együtthatójának mérésére 1947-ben *Verő* és *Hajtó* új eszközt szerkesztett [1]. Az új eszköz leírásán kívül az említett cikkben megtaláljuk az első mérésekről szóló beszámolót is. A készülék elve indokoltá teszi, hogy céljának az eddigi dilatometereknél nagyobb mértékben megfeleljen. Már az első mérések bebizonyították, hogy a *Verő—Hajtó*-féle dilatométer minden tekintetben megállja a helyét a gyakorlatban használt dilatometerek között.

Valamely készülék három legfontosabb tulajdonsága a pontosság és megbízhatóság, könnyű és gyors kezelhetőség, a beszerzésének, illetve előállításának egyszerűsége és olcsósága.

Ezen a helyen most az első követelménnyel: a készülékkel végzett mérések pontosságával és megbízhatóságával kívánok részletesen foglalkozni. A második és harmadik követelményre a dilatométert bemutató leírás alapos és kimerítő választ ad [1].

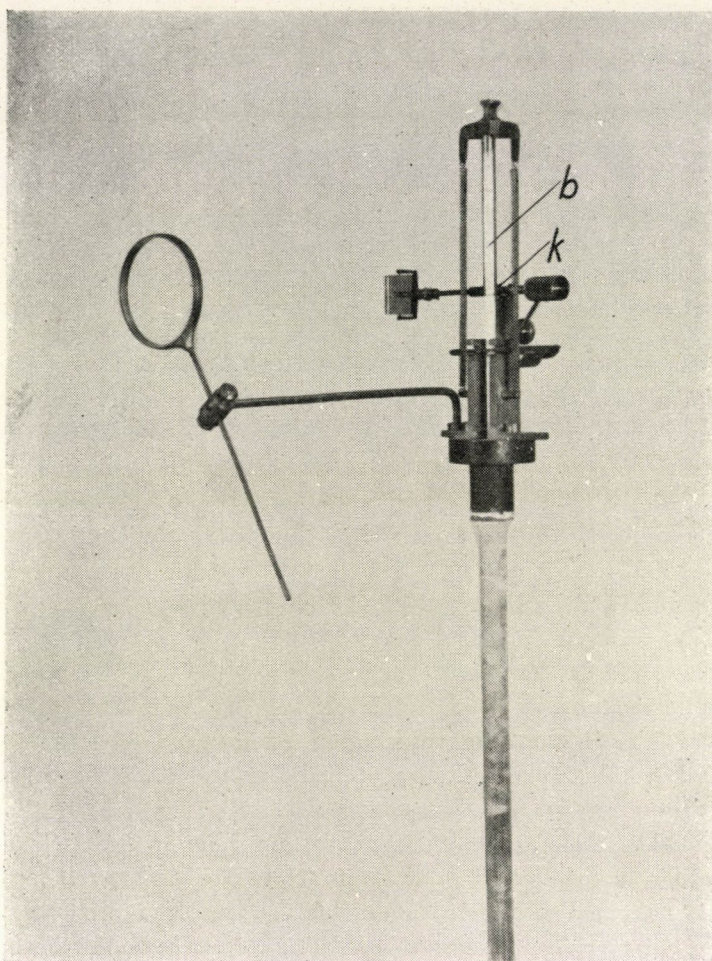
A készüléken csak annyiban változtattam, hogy a készülék *b* hüvelyét, amely eredetileg invarból készült, a *k* sínnel azonos összetételű acélhüvellyel cseréltem ki, hogy az esetleges hőmérsékletváltozások a prizmat szorító két anyagban azonos mértékű lineáris tágulást, vagy összehúzódást hozzanak létre (1. ábra).

A készülékkel végzett mérések pontosságának a vele végzett mérések rendszeres és esetleges hibái szabnak határt.

A mérés rendszeres hibája, a szögfüggvények elhanyagolásából eredő hiba kísérleteimben elhanyagolható. (A hibákról részletesen l. l. 259—260. old.)

A hibák közül a prizma élének nem egyenes, illetve nem párhuzamos voltából eredő esetleges hiba nem küszöbölhető ki. Ennek minimális volta azonban biztosítva van, mert a prizmat speciális prizmakészítő cég készítette az elérhető legnagyobb pontossággal.

A másik esetleges hiba úgy jön létre, ha a tükröt a keretéből kiforgatjuk. Ennek az elég jelentőssé válható hibának teljes kiküszöbölését a következőképpen oldottam meg: a résvetítő hossz tengelyét, a tükör középpontját és a leolvasásra szolgáló homályos üveg-skálát egy síkban helyeztem el úgy, hogy a homályos üveget nem a résvetítő mellett állítottam fel, hanem a résvetítő

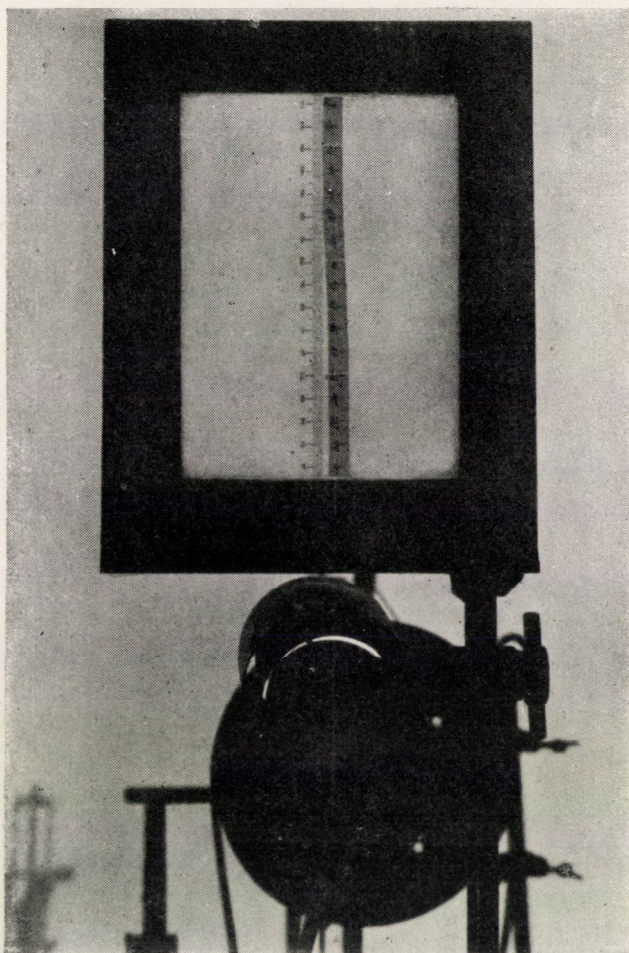


1. ábra

főlé, a résvetítő állványára erősítettem (2. ábra). Ily módon a tükröt a keretéből a legcsekélyebb mértékben sem kellett kiforgatnom, s így ez a hiba nem jelentkezett méréseimben.

A fentiekben foglaltam össze a készülékre vonatkozó olyan tudnivalókat és módosításokat, amelyek a következőkben, mint a mérések tényezői, az eredmények nagyobb pontosságát magyarázzák.

Méréseim pontosabbá tétele még egy — a készülék szerkezetétől független, de nagyjelentőségű — körülmény megvizsgálását és alkalmazását tette fontossá. Ez a körülmény a hőmérséklet lehető legpontosabb beállítása és tartása. A hő- okozta tágulási együtthatót hőfokközben kell mérni, s természetes, hogy a próba-



2. ábra

test legnagyobb és legkisebb hőmérsékletét az elérhető legnagyobb pontossággal kell beállítani és mérni.

Példával világítom meg ennek fontosságát: 99,9976%-os alumínium hőokoza lineáris tágulási együtthatójának mérésekor 50 C°-ról 20 C°-ra hűtöm a darabot.  $a = \Delta l = 18,8$  mm,  $r = 4,5$  mm,  $A = 1000$  mm,  $p = 61,2$  mm. Ha a

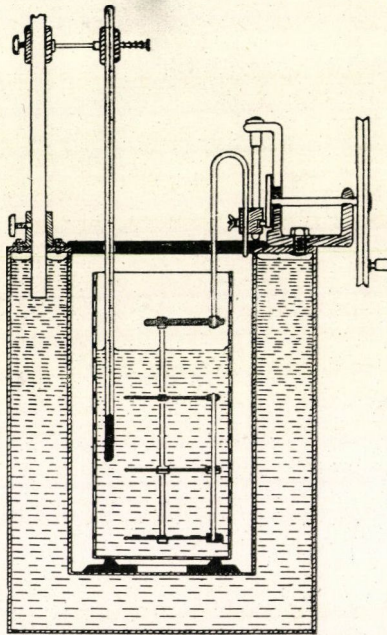
$$\beta = \beta_1 + \beta' = \frac{a \cdot r}{2 A \cdot p \cdot \Delta t} + \beta'$$

képletben, amelyben  $\beta' = 0,468 \cdot 10^{-6}$  (a kvarc lineáris tágulási együtthatója 0 C° és 100 C° között) a  $\Delta t$  helyébe különböző értékeket helyettesítünk be, a következőket látjuk (I. táblázat):

I. táblázat

$\Delta t$ C°	$\beta_1 \cdot 10^6$	$\beta' \cdot 10^6$	$\beta \cdot 10^6$	hiba %
30,0	23,02		23,49	0,0
30,1	22,95		23,42	0,3
30,2	22,89	0,468	23,35	0,6
31,0	22,31		22,78	3,2
31,5	21,95		22,42	4,7
32,0	21,60		22,07	6,2

Gyors hőmérsékletváltoztatáskor tehát, amikor a tökéletes hőcserélődésre a táguló darab és az azt körülvevő, hőt szolgáltató közeg között nem kerülhet sor, 2 C° eltérés kb. 6% hibát okoz. (A képletben ez a hőmérsékleti eltérés



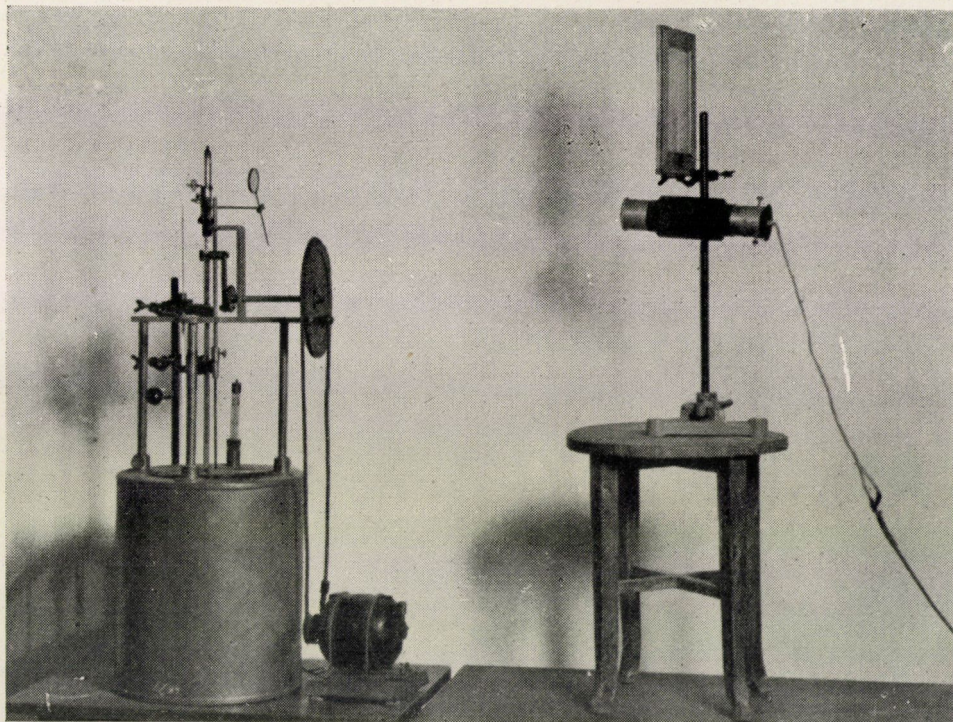
3. ábra

úgy jut kifejezésre, hogy za  $a$  érték nem változik pontosan a hőmérséklet-változásoknak megfelelően.)

Kísérleteim első csoportját egy elégtő kaloriméter-bomba lemezköpeny-termosztátjába helyezett vizes edényben végeztem (3. ábra). A termosztát kettősfalú lemezköpeny. Ebben van elhelyezve egy vizet tartalmazó edény,

amelybe váltakozva hideg és meleg vizet öntöttem. A melegvíz és a készülék közt elérhető legjobb hőátadást és a hőmérséklet egyenletességét keverővel biztosítottam. A vizet tartalmazó edénybe ér bele kb. 5 cm-re az edény falától és fenekétől a készüléknek a fémdrótot magában foglaló kvarccsőve. Az edény és kvarccső között működik a termosztát keverője.

A keverőt villanymotor hajtja meg a 4. ábrán látható módon. Ennek a keverőnek a működése a berendezést elég erősen rázza; a rázás a műszer fej-



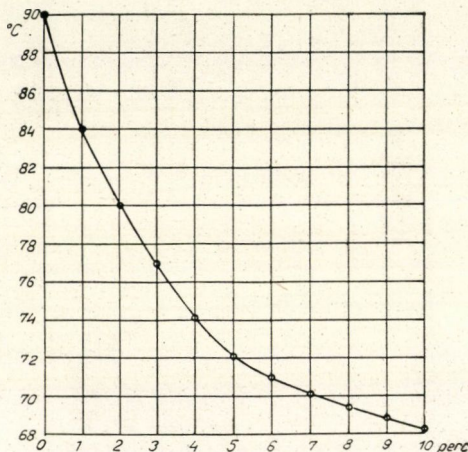
4. ábra

részére, s különösen a prizmán elhelyezett tükörrre olyan erősen hat, hogy a leolvasást teljes mértékben lehetetlenné teszi. Ezért a műszert két helyen befogva, egy a termosztát-rendszeről független állványra, egy rezgéstől mentesen álló falikonzolzra erősítettem, s így csupán a vízen keresztül érintkezett a rezgésben levő rendszerrel. A leolvasóberendezés független elhelyezése a részetítő és a skála rezgését szüntette meg, ily módon a megfelelő erősségű keverés a mérés menetét semmiképpen nem zavarta.

A víz és a készülékben elhelyezett vizsgálandó fémrúd hőmérsékletét egy 0—100 C° hőfokközű,  $\frac{1}{10}$  C° beosztású hőmérővel mértem. A hőmérő higanyos edényét a készüléknek a fémrudat tartalmazó része közelébe helyeztem. Erre

azért volt szükség, hogy minél pontosabban észlelhessem a fémrúd hőmérséklet-változásait.

Meg kellett vizsgálnom, hogy a víz cserélése után (ami alkalmas gumicsővel szivornya-szerűen volt megoldható) mennyi idő kellett a kívánt hőmérséklet eléréséhez. Több mérésből megállapítottam, hogy 8 perc elteltével a hőmérséklet percenként  $1\text{ C}^\circ$ -nál nagyobb értékkel nem változik. Leolvasási időnek tehát 8 percet választottam. A hőmérő és a készülék leolvasása között eltelt kb. 10 mp alatt ilyenformán a hőmérséklet max.  $0,17\text{ C}^\circ$ -kal változik. Ez a változás a közönséges,  $20\text{ C}^\circ$  körüli hőmérsékletnél sokkal kisebb érték, hiszen a termosztát a lemezköpenyben levő víz azonos hőmérséklete miatt ezt az értéket percekig



5. ábra

teljesen állandó módon tartja. Az alsó hőmérsékleti határértékeknél tehát ez a hiba nem számít. A melegen ( $75\text{--}90\text{ C}^\circ$ ) beöntött víz hőmérséklete 8 perc alatt kb.  $15\text{--}20\text{ C}^\circ$ -kal csökkent, amíg elérte az  $1\text{ C}^\circ$ /perc lehülési sebességet. Ekkor már a táguló fémrudacska gyakorlatilag felvette a vízfürdő hőmérsékletét, amint azt az erre irányuló előzetes mérések igazolták.

A fémrúd felmelegedési átlagsebessége, ha  $18\text{ C}^\circ$ -ról  $80\text{ C}^\circ$ -ra 8 perc alatt melegszik,  $7,75\text{ C}^\circ$ /perc. Azonban termosztátomban a víz beöntésének pillanata és a 8. perc vége között eltelt idő alatt a víz lehülése öt kísérlet átlagaképpen az 5. ábrában látható diagramm szerint történik. A diagrammból látszik, hogy a beöntéskor  $90\text{ C}^\circ$  hőmérsékletű víz hőmérséklete az első percben  $6\text{ C}^\circ$ -kal csökken. A 8. percben ez a hőmérsékletcsökkenés már csak  $0,6\text{ C}^\circ$ .

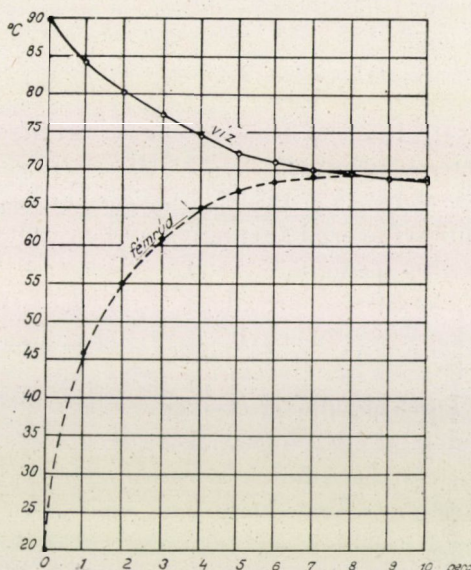
A fémrúd felmelegedésének sebességét úgy határoztam meg, hogy a melegvíz beöntése után minden percben leolvastam a skálaállást, s ennek alapján az irodalomban található lineáris tágulási együttható (jelen esetben  $99,9976\%$ -os raffinált alumínium-ól lévén szó:  $23,29 \cdot 10^{-6}$ ) segítségével [2] a már ismert



$$\beta_1 = \frac{a \cdot r}{2 A \cdot p \cdot \Delta t}$$

képletből kiszámítottam a  $\Delta t$  értéket, s ezzel meghatároztam a leolvasás pillanatában a fémrúd hőmérsékletét.

Ennek eredményét a 6. ábra foglalja magában. Ebből a diagrammból látszik, hogy a darab hőmérséklet—idő-diagrammjának szaggatott görbéje, a



6. ábra

darab felmelegedését jelző görbe a 8. perc végén egészen lapos maximumot mutat: elérte a vízfürdő hőmérsékletét, s ettől kezdve azzal együtt kezd lehűlni az ábrából leolvasható 0,4—0,8 C°/perc lehülési sebességgel.

Ezek előrebocsátása után most rátérek az ismertetett berendezéssel végzett mérésekre. Újításként egyszeri szereléssel három-három mérést végeztem. Három, lehülés közben végzett mérés közé beiktattam a két közbenső hevítéskor nyert tágulás mérését is.

Két fémmel végeztem kísérleteimet: egy kokillába öntött 99,9976% Al-tartalmú raffinált alumínium-rúddal és egy hidegen húzott elektrolitrézrúddal. Az alumínium-rúd 61,2 mm hosszú és 4,1 mm átmérőjű, a rézrúd 60,0 mm hosszú és 2 mm átmérőjű volt. A skálát a tükörtől általában 1000 mm-re állítottam fel. A készülékben használt prizma szélessége 4,5 mm volt.

Alumíniummal is, rézzel is, 20-20 kísérletcsoportban, összesen 100-100 mérést végeztem, 60-60-at lehülés, 40-40-et pedig hevítés közben. A II. táblázatban egy alumíniummal végzett mérésekből álló kísérletcsoportot mutatok be.

II. táblázat

Kísérlet	Mérés	Észlelt		Számított		Nagyítás	Hűtve	Hevítve
		$t$ C	$l$ mm	$\Delta t$	$\Delta l$		$\beta \cdot 10^6$	$\beta \cdot 10^6$
XV.	1	50,8	74,3	—	—	120	—	—
	2	16,4	53,5	34,4	20,8		22,76	
	3	64,2	82,9	47,8	29,4			23,18
	4	11,6	50,5	52,6	32,4		23,22	
	5	71,4	86,5	59,8	36,5			23,02
	6	15,2	52,0	56,2	34,5		23,13	

Ebből a táblázatból az eredményre nézve néhány tapasztalatot lehet levonni. Az egyes mérések közül az 1. és 2. leolvasás között  $22,76 \cdot 10^{-6}$  érték adódott. Ez az érték az alább ismertetendő átlagos eredményemtől ( $22,98 \cdot 10^{-6}$ )  $0,9\%$ -kal tér el. A hűtéssel nyert három érték sorban  $0,9\%$ ,  $1,2\%$ ,  $0,6\%$ -kal, a hevítéssel kapott két érték pedig  $0,7\%$  és  $0,3\%$ -kal tér el a középértéktől.

Evvel szemben a kísérletcsoport átlagos értéke  $0,5\%$ -kal ( $0,4\%$  a hűtéssel, és  $0,6\%$  a hevítéssel kapott eredmények átlaga) tér el a középértéktől, ami azt jelenti, hogy egyszeri szereléssel ilyenformán elvégzett 3 — 2 mérés a helyes eredményhez sokkal közelebb álló értéket ad.

Ennek a kiragadott kísérletcsoportnak az eredménye is mutatja, hogy a kísérletcsoport nyújtotta átlageredmény az egyes méréseknél pontosabb értéket ad. A másik megfigyelésre érdemes körülmény, ami az előbbivel szoros összefüggésben van, az egyes mérések és a kísérletcsoportok hibáinak eloszlása.

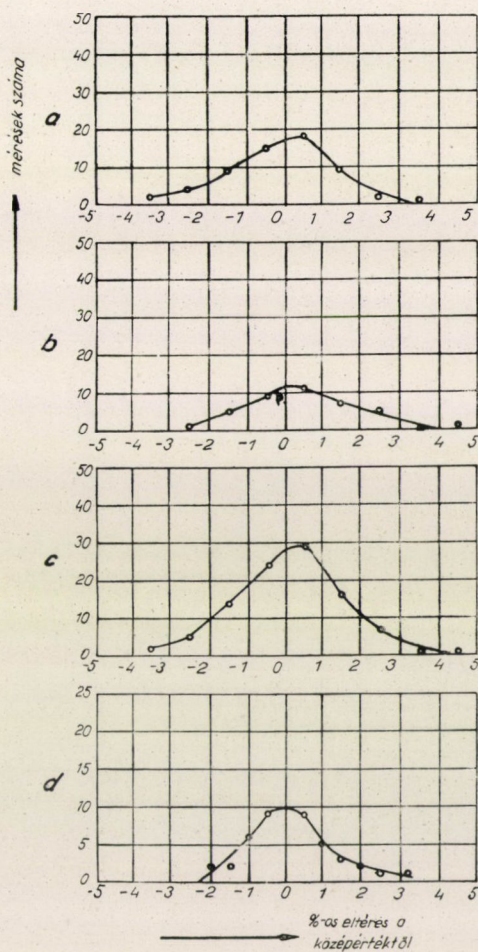
Az egyes mérések között talált maximális és minimális érték között — most már mind a 100 mérést véve tekintetbe — ( $24,17 \cdot 10^{-6}$  és  $22,22 \cdot 10^{-6}$ )  $8\%$  eltérés adódott. A kísérletcsoportok legnagyobb és legkisebb értéke között ( $23,72 \cdot 10^{-6}$  ill.  $22,49 \cdot 10^{-6}$ ) ez az eltérés csak  $5\%$ . Az egyes mérések és a kísérletcsoportok eredményeinek összehasonlítására szolgál a 7. ábra. A 7/a ábra a hűtéssel kapott értékek, a 7/b ábra a hevítéssel kapott értékek hibáinak gyakorisági görbáját ábrázolja, míg a 7/c ábra az előző kettőnek összesítése. A 7/d ábra a kísérletcsoportok hibáinak gyakorisági görbáját mutatja. Ebből látható, hogy a kapott eredmények zöme a középértékhez közel van, és a nagy eltérések felé egyre kevesebb érték található. De látható az is, hogy míg az egyes méréseknek a középérték százalékában kiszámított hibái  $-4\%$  és  $-5\%$  között találhatók, addig a kísérletcsoportok eredményei  $-2\%$  és  $+3,2\%$  maximális hibával terheltek.

Ez a tény természetesen adódik, hiszen egy-egy kísérletcsoport — mint említettem — már önmagában is átlageredményt ad. Előnye abban van, hogy az újraszereléssel járó idővesztés elmarad.

Alumíniummal fentebb ismertetett módon végzett összes méréseim-átlageredménye  $22,98 \cdot 10^{-6}$ . Ez az eredmény az irodalmi adattól,  $23,29 \cdot 10^{-6}$

tól 1,3%-kal tér el. A hűtéssel nyert eredmények középértéke  $22,93 \cdot 10^{-6}$ , a hevítés közben mértéké pedig  $23,23 \cdot 10^{-6}$ .

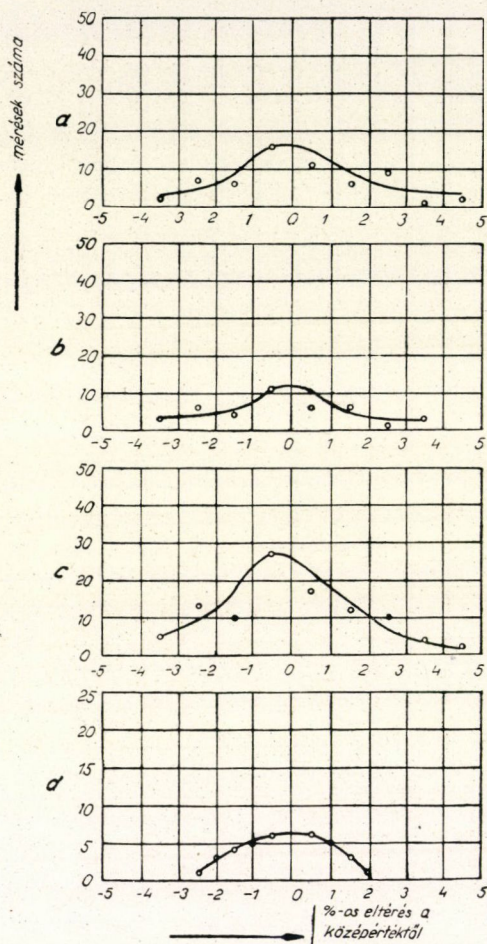
Az elektrolitréz-rúddal végzett kísérleteim az előbbivel azonos módon folytak le. Ha az egyes mérések és a méréscsoportok eredményeit szemügyre



7. ábra

vesszük, az látszik, hogy az egyes mérések és a méréscsoportok hibái a középérték %-ában általában megegyeznek az alumíniummal végzett kísérletek hibáival. Ez a körülmény, tekintetbe véve a réz tágulási együtthatójának kisebb értékét ( $16,50 \cdot 10^{-6}$ , l. 2.), azt bizonyítja, hogy a rézzel végzett mérések eredménye már megbízhatóbban adódott. Ennek megvilágítására egy példát említek.

A raffinált alumíniummal végzett kísérleteim alapján kapott tágulási együttható  $22,98 \cdot 10^{-6}$ . Ennél  $0,5 \cdot 10^{-6}$ -al kisebb eredmény  $2,1\%$  hibát jelent. A rézzel végzett kísérleteim középértéke  $16,41 \cdot 10^{-6}$ . Ennél ugyancsak  $0,5 \cdot 10^{-6}$ -al kisebb eredmény már  $3,1\%$  hibát okoz. A maximális  $4,9\%$  hiba



8. ábra

az alumíniummal végzett mérésekben  $\pm 1,19 \cdot 10^{-6}$  eltérést jelent, míg a réznél a maximális  $4,1\%$  hiba csak  $0,66 \cdot 10^{-6}$  eredménybeli eltérésnek felel meg.

Az elektrolitrézzel végzett kísérletek eredményei a 8. ábra szerint oszlanak meg. (Az a, b, c, d diagrammokra a 7. ábrához fűzöttek érvényesek.)

A 8. ábra mutatja, hogy az egyes mérések között fennálló maximális eltérés  $8,3\%$ , míg a kísérletcsoportok maximális eltérése  $4,8\%$ . A hűtéssel nyert

eredmények középértéke  $16,48 \cdot 10^{-6}$ , hevítés közben pedig  $16,34 \cdot 10^{-6}$  adódik. Valamennyi mérés középértéke  $16,41 \cdot 10^{-6}$ , csupán 0,5%-kal tér el az irodalmi adattól ( $16,50 \cdot 10^{-6}$ , l. 2.), s összehasonlítva Hajtónak a Leitz-féle Bollenrath-dilatométerrel mért  $16,63 \cdot 10^{-6}$ -os és a szóbanforgó készülékkel egyszerű pohárban mért  $16,66 \cdot 10^{-6}$ -os eredményeivel, azoknál 0,2, ill. 0,4%-kal jobbnak bizonyul.

Azonban már a termosztátban végzett kísérletek folyamán felmerült az a gondolat, hogy a Verő—Hajtó-féle dilatométerrel végzett mérések pontosságát fokozni lehet. Ugyanis még a termosztátban végzett mérések is olyan hibaforrásokat tartalmaznak, amelyek kiküszöbölhetők.

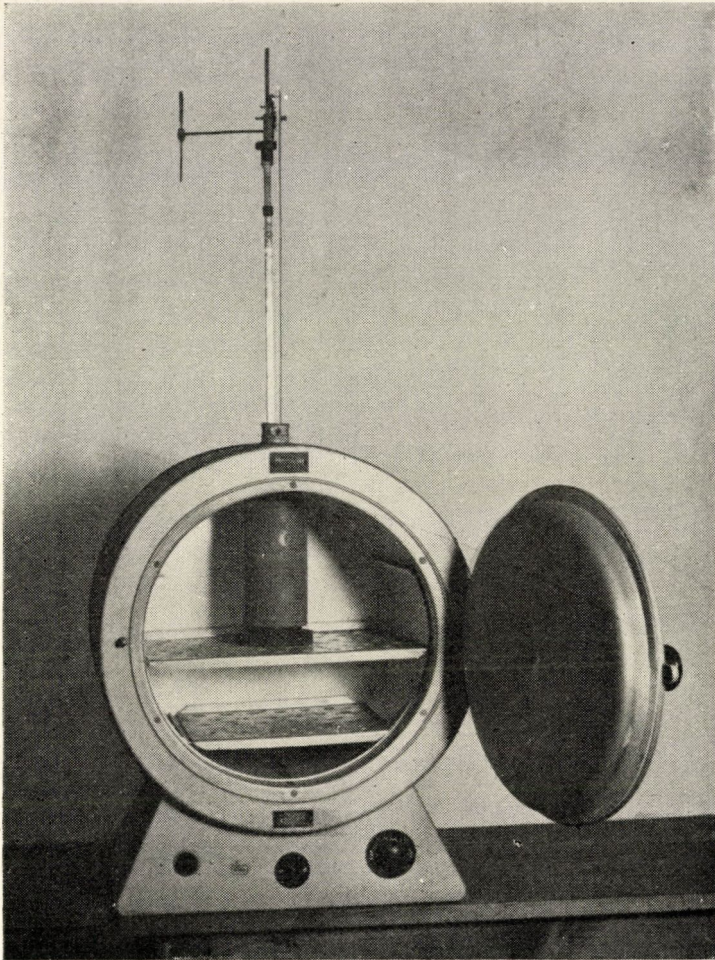
A műszer konstrukciója okozta hibákat már tárgyaltam. Ezek egy határon túl kiküszöbölhetetlenek, de helyes kezeléssel az eredményre nincsenek lényeges hatással.

Az egyetlen körülmény, amelynek hatása a kapott eredményekre számottevőnek látszott, a hőmérséklet minél pontosabb beállítása volt. A 3. ábrán bemutatott termosztát-köpeny ugyan jelentős javulást jelent az egyszerű főzőpohár használatához képest; a hőszigetelőköpeny csupán csökkenti a hőmérsékletet átadó közeg (víz) lehülési sebességét, de arra, hogy adott hőmérsékletet huzamos ideig pontosan és megbízhatóan tartson, nem lehet használni. Az ebből származó hőmérsékleti ingadozás az eredményre okvetlenül hatással van. Használatát körültekintő gondossággal, a víz lehülési és a fémrúd felmelegedési viszonyainak figyelembevételével eredményessé lehet tenni annyira, hogy csak ilyen berendezéssel rendelkező üzem vagy laboratórium kielégítő pontossággal határozhat meg lineáris tágulási együtthatót, de pontos és szigorúan megbízható eredmények elérésére tökéletesebb hőfokbeállítás szükséges.

A választás egy igen pontosan működő automatikus hőfokszabályozású olajfürdős termosztátra esett, amelynek hőmérséklete  $0,005 \text{ C}^\circ$  pontossággal szabályozható. Ez a termosztát-berendezés lett volna hivatva a hőmérséklet pontatlanságából eredő esetleges hibák gyökeres kiküszöbölésére.

Azonban ezt a berendezést nem sikerült beszerezni, ezért házilag készült egy — a gyakorlatban egészen kifogástalanul bevált — automatikus hőfokszabályozós termosztát-berendezés.

A 9. ábrán látható Heraeus-gyártmányú szárítókamra a lényege ennek a berendezésnek. A kemence  $20\text{--}220 \text{ C}^\circ$  között működő automatikus hőfokszabályozóval van ellátva. Ebben a kemencében helyeztem el egy  $85 \text{ mm}$  átmérőjű és  $160 \text{ mm}$  hosszú alumíniumhengert. Ez — nagy fajhőjénél fogva — arra volt hivatva, hogy a kemence belsejében az automatikus hőfokszabályozás ellenére is fennálló hőingadozást kiegyenlítse. Az alumíniumhengerbe felül két lyukat fúrtam, egyet  $10 \text{ mm}$  átmérővel (ez a dilatométer kvarcsövének átmérője) egyet pedig  $6 \text{ mm}$  átmérővel a henger közepéig. A két lyuk tengelye egymással akkora szöget zár be, hogy az alumíniumhenger közepében pontosan a készülék, illetve a készülékben elhelyezett próbarúd mellett levő hőmérő a készülék



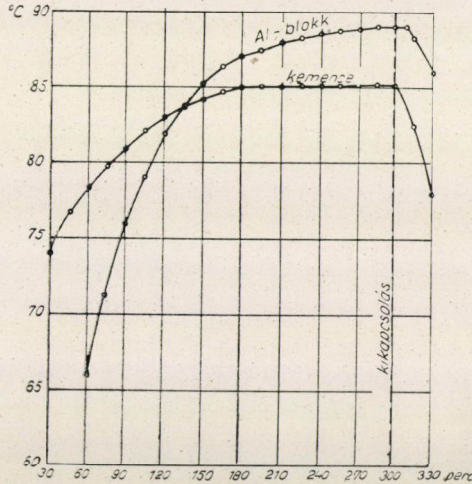
9. ábra

fejétől 20—30 mm távolságra kerül. (l. 9. ábra.) Így a hőmérő nem zavarja a készülék fejen elvégzendő szereléseket és kísérlet alatt sem ér hozzá.

A kemence és az alumíniumhenger hőkicserélődési és hőtárolási viszonyait vizsgáltam meg először. E célból a kemencébe helyezett alumíniumhenger belsejébe és a hengeren kívül a kemencébe helyeztem egy-egy  $\frac{1}{10}$  C°-ra beosztott hőmérőt és a kemencét közönséges hőmérsékletéről (22 C°) a hőfokszabályozót 90 C°-ra állítva fűtöttem. A 10. ábra két görbéje a kemence, ill. az alumíniumhenger hőmérsékletének változásait, »hőfokjárását« mutatja. Ez a diagramm 70 C°-os hőfokközben azt mutatja, hogy a blokk közepe (ahová tehát a vizsgálandó fémrúd és a hőmérő kerül), a 275—300. perc között 25 percen keresztül állandó

hőmérsékletű volt, s még a fűtés teljes kikapcsolása után is legalább 6 percig ezen az állandó hőmérsékleten maradt.

A hőmérsékletnek ilyen pontos beállítása már teljes biztonságot nyújt a hőmérsékletváltozások okozta esetleges hibák kiküszöbölésére. Ilyen módon a drága olajfűdős termosztát beszerzése megtakarítható volt.



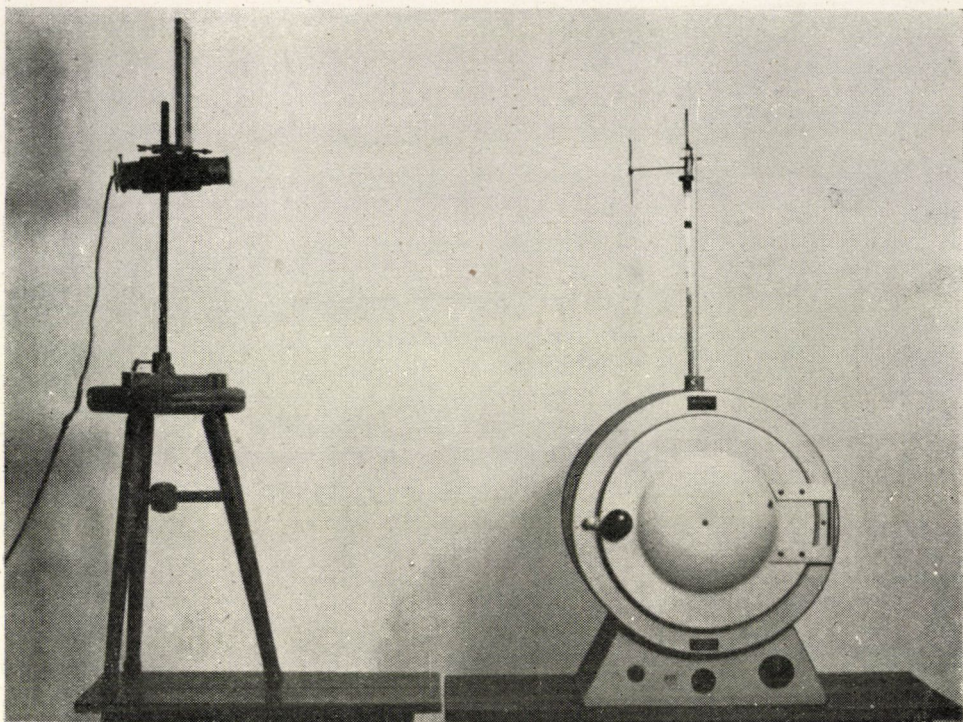
10. ábra

A dilatometer-készülék és a hőmérőt a kemence tetején keresztül dugtam az alumíniumhengerbe fűrt lyukba, az eredetileg a kemence hőmérője számára készített 23 mm átmérőjű nyíláson át. Utána a nyílást aszbesztzsinórral tömítettem.

A dilatometerkészülék felállítása változatlan (11. ábra). A további kísérleteket most már kisebb (20—30 °C) hőfokközben végeztem, tekintve, hogy a hibák kiküszöbölése ezt lehetővé tette.

A kisebb hőfokközben történő mérések jelentős mértékű hibaforrása lehet — különösen kisebb táglási együtthatójú fémekkel végzett méréskor — a leolvasási hiba. A homályos üveg-skálán történő leolvasás (2. ábra) pontossága  $\pm 0,1$  mm. (Az ábrán a résnek 63,1 mm-nél levő képe nyomdatechnikai ok miatt nem látszik.) Ez a leolvasási hiba nem okoz nagy eltérést az eredményben (l. 1/259. old.), azonban kis hőfokközben pontos eredmény eléréséhez legalább ezt a pontosságot nagy gonddal szem előtt kell tartani. Méréseimben részben a megszokott 250×-es körüli nagyítási mértéket növeltem kb. 450×-esre, részben pedig a leolvasáshoz egy egyszerű kézi nagyítót használtam; ez nem tette ugyan pontosabbá a leolvasást, de a biztonságát növelte.

Az alábbiakban ismertetem a hőfokszabályozós kemencében végzett kísérletek eredményeit. Az előző kísérlettel való jó összehasonlíthatóság céljából ugyanazzal az alumínium- és rézpróbatesttel végeztem kísérleteimet.



11. ábra

Huszonöt-huszonöt kísérletcsoportban összesen 150—150 mérést végeztem. Különbőség az előző kísérlethez képest az, hogy az új szerelés után azonnal leolvastam a hőmérsékletet és a tükör helyzetének változása folytán megváltozott skálaállást és így kísérletcsoportonként egy-egy eredménnyel többet kaptam, mint a termosztát-köpenyben végzett mérések során.

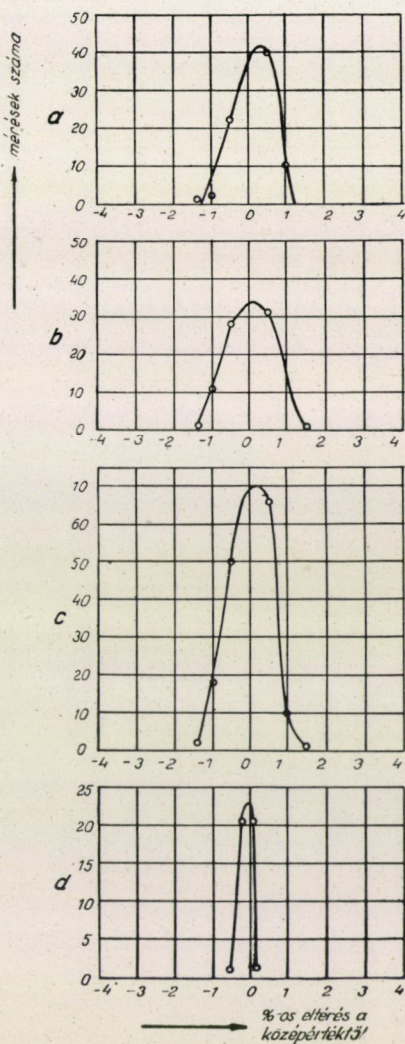
Összehasonlításként bemutatok egy kísérletcsoportot, ugyancsak az alumíniummal végzett mérésekből (III. táblázat).

III. táblázat

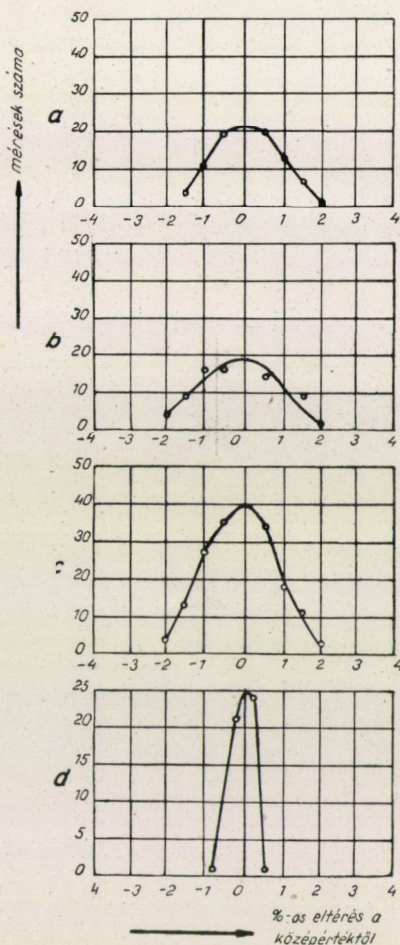
Kísérlet	Mérés	Észlelt		Számított		Nagyítás	Hütve	Hevitve
		$t$ C°	mm	$\Delta t$	$\Delta l$		$\beta \cdot 10^6$	$\beta \cdot 10^6$
		22,6	38,1	—	—			
	1	46,0	52,5	23,4	14,4			23,11
	2	25,3	39,6	20,7	12,9		23,34	
XVI.	3	47,7	53,4	22,4	13,8	445		23,12
	4	23,1	38,2	24,6	15,2		23,18	
	5	49,4	54,6	26,3	16,4			23,37
	6	22,0	39,2	27,4	15,4		23,32	



A mérések eredményei sorban  $-0,7$ ,  $+0,2$ ,  $-0,7$ ,  $-0,6$ ,  $+0,3$ , és  $+0,2\%$ -al térnek el a kísérlet sorozat középértékétől ( $23,28 \cdot 10^{-6}$ ), a kísérlet csoport eredménye pedig pontosan a kísérlet sorozat eredményeinek középértékét adja.



12. ábra



13. ábra

Az összes mérési eredmény eltéréseinek szóródását a 12. és 13. ábra mutatja. A 12. ábra alumíniumra, a 13. ábra rézre vonatkozik. (Az egyes diagrammok értelmét l. a 7. ábrához fűzöttelnél.) Ebből látható, hogy a hibák %-os értéke lényegesen kisebb az előző módszerek hibáinak %-os értékénél,

olyan mértékben, ami nyilvánvalóan utal a hőfokszabályozásban beállott javulásra.

Az egyes kísérleti módszerek jó összehasonlíthatósága céljából táblázatban állítottam össze a jellemző értékeket. Így egymás mellett feltüntetve az összetartozó értékeket, mintegy az egész kísérleti munka vázát, illetve célkitűzését mutatom be a következő IV., V. és VI. táblázatban

IV. táblázat

	A m é r é s e k k ö z é p é r t é k e		
	főzőpohárban	lemezköpeny-termosztátban	hőfokszabályozó termosztátban
Alkalmazott hőfokköz . . . . .	30—40 C°	40—70 C°	20—30 C°
Alumínium $\beta$ . . . . .	$23,20 \cdot 10^{-6}$	$22,98 \cdot 10^{-6}$	$23,28 \cdot 10^{-6}$
Eltérés az elm.érték-től % . . . . .	0,4	1,3	0,0
Réz $\beta$ . . . . .	$16,66 \cdot 10^{-6}$	$16,41 \cdot 10^{-6}$	$16,49 \cdot 10^{-6}$
Eltérés az elm.érték-től % . . . . .	1,0	0,5	0,0

V. táblázat

	Az egyes mérések eltérése az elméleti $\beta$ értéktől		
	főzőpohárban	lemezköpeny-termosztátban	hőfokszabályozó-termosztátban
Alkalmazott hőfokköz . . . . .	20—30 C°	45—55 C°	25 C°
Alumínium max. érték % . .	5,4	2,5	1,5
Alumínium min. érték % . . .	9,2	4,6	1,4
Alkalmazott hőfokköz . . . . .	10—12 C°	40 C°	25 C°
Réz max. érték % . . . . .	7,6	3,5	2,0
Réz min. érték % . . . . .	6,8	4,6	2,0

VI. táblázat

	Az egyes kísérletesoportok maximális eltérései a mérések középértékétől	
	lemezköpeny-termosztátban	hőfokszabályozó-termosztátban
Alumínium max. csoporteredmény eltérése %	3,2	0,2
Alumínium min. csoporteredmény eltérése %	2,0	0,5
Réz max. csoporteredmény eltérése % . . . . .	1,9	0,5
Réz min. csoporteredmény eltérése % . . . . .	2,5	0,8

A fenti táblázatok minden olyan adatot magukban foglalnak, amelyek a mérési módszer fejlesztéséből eredő javulást mutatják. Rá kell mutatnom, hogy az összehasonlítás más és más átlagos hőfokközökre vonatkozik, s ezt tekintetbe véve még szembetűnőbb a mérések pontosságában és megbízhatóságában mutatkozó javulás.

Hőfokszabályozós kemencében, tehát nem nagy költséggel beszerezhető és legtöbb laboratóriumban meglevő berendezésben a szóban forgó dilatométerrel végzett néhány mérés átlaga tehát legalább 1%, de az ismertett adatok szerint 20—30°-os hőfokközben is a lineáris tágulási együtthatónak meghatározását 1%-nál kisebb hibával teszi lehetővé. Ez a dilatométer — amellett, hogy a drága és nehezen hozzáférhető Leitz-féle Bollenrath-dilatométer pontosságát is felülmúlja —, abszolút értelemben véve is igen pontos és a gyakorlat, sőt a laboratóriumi kutatómunka céljaira is teljesen alkalmas.

### Összefoglalás

A Bányászati és Kohászati Lapok II. évf. (LXXX). 9. számának 257—264. oldalán jelent meg Verő és Hajtó új eszközének ismertetése a fémek hőokoza tágulásának mérésére. Szerző ennek a készüléknek pontosságát és megbízhatóságát vizsgálta a készülékkel végzett mérések értékelésével és statisztikai feldolgozásával. E tulajdonságok javítása érdekében néhány, különösen a hőmérséklet pontos beállítására kiterjedő változtatást tett. Először egy kaloriméter-bomba lemezköpeny-termosztátját használta erre a célra (3., 4. ábra), a további javulás elérésére pedig automatikus hőfokszabályozós szárítószekrényt alkalmazott, a 9. és 11. ábrán látható módon.

A hőfokszabályozásban ilyen módon elért módosítás az eredmények olyan javulását jelentette, hogy két fémmel végzett számos kísérlet tapasztalata szerint három-három méréssel maximálisan 0,8% eltéréssel biztonságosan meghatározható fémek és ötvözetek hőokoza lineáris tágulása.

Készült a Nehézipari Műegyetem Fémtechnológiai Tanszékének laboratóriumában, Sopronban.

### IRODALOM:

1. Verő—Hajtó: Új eszköz a hőokoza tágulás mérésére. Bányászati és Kohászati Lapok II. évf. (LXXX.) 9. szám 257—264. oldal.
2. G. A. Kascsenko: Osznóvi metallovegyenyja. Moszkva, 1949.



# A HOZZÁFOLYÁSI MAGASSÁG CSÖKKENTÉSÉNEK LEHETŐSÉGEI MELEGVIZET SZÁLLÍTÓ TURBINASZIVATTYÚKNÁL

RÁKOSY BÉLA

Beérkezett 1951. július 28.

Melegvizet szállító turbinaszivattyúknál a szükséges hozzáfolyási magasság értékét nagy mértékben befolyásolja a járókeréklapátok szívóoldalán fellépő maximális depresszió alakulása. A maximális depresszió mértéke célszerűen jellemezhető egy »S« mérőszámmal, melyet Pfliderer után »szívásszám« (Saugzahl)-nak nevezhetünk. A szívásszám független a szivattyú jellemző fordulatszámától és egyedül a lapát beömlési szög függvénye. Állandó »S« érték esetén a depresszió mértékét adott vízszállítás mellett az alkalmazott fordulatszám is befolyásolja.

A hozzáfolyási magasság csökkentése a következő irányelvek szemelött tartásával érhető el:

1. A szívásszámnak lesz egy maximális értéke, amelyet a lapátbelépőszög, valamint a belépési relatív perdületfok nagysága jelöl ki.

2. A »K« agyszűkítési tényező növelésével is csökkenthető a hozzáfolyás-szükséglet.

3. Adott vízszállítás mellett alacsony fordulatszám alkalmazása szintén kedvező a hozzáfolyási magasság csökkentése szempontjából.

A szerző gyakorlatilag is jól használható diagrammokat közöl és azok alkalmazásával kapcsolatban példákat dolgoz ki.

A hozzáfolyási magasság csökkentésével jelentős építési megtakarítások érhetők el, miért is az ezirányú törekvések gazdasági szempontból sem hanyagolhatók el.

Ismeretes, hogy turbinaszivattyúk szívóképessége korlátozott mértékű és a szállított folyadék hőmérsékletének is a függvénye. A hőmérséklet emelkedésével u. i. a telített gőznyomás növekszik s ezzel a szívómagasság csökken. Egy bizonyos hőmérséklet felett a szivattyú nem képes szívni, mely esetben vízszállítás csak úgy lehetséges, ha szívás helyett hozzáfolyással ömlik a szivattyúba a víz (negatív szívómagasság).

A szivattyúk szívóképessége a szállítandó folyadék hőmérsékletén kívül még nagy mértékben függ a járókerék kialakításától és annak fordulatszámától.

A hidegvíz esetén nagy szívóképességű kerék forróvízszállítás mellett aránylag kisebb hozzáfolyási magasságot igényel, mint a rossz szívótulajdonságú. A szükséges hozzáfolyási magasság kérdése tehát szoros összefüggésben áll az ú. n. szívóképesség fogalmával. Ma már a forróvizet szállító turbinaszivattyúknál a hozzáfolyási magasság kérdését általában szakkörökben kellő óvatossággal kezelik, mivel számos esetben bebizonyosodott, hogy az azzal való takarékoskodás veszélyeztetheti a szivattyú vízszállítását és ezzel esetleg az egész telepre nézve súlyos üzemzavaroknak lehet az okozója. Ha ugyanis a hozzáfolyási magasság nem elégséges és emiatt a szivattyú előtt vagy a szivattyú belépésnél a nyomás a hőmérsékletnek megfelelő telítettségi érték alá csökken, gőzfejlődés

lép fel és ezzel a vízszállítás megszakad. A hozzáfolyási magasságnak tehát akkorának kell lenni, hogy a nyomás sehol se csökkenhessen a telített gőznyomás értéke alá.

E kérdéssel kapcsolatos óvatosság mindenesetre ajánlatos, de a túlzott biztonság itt is — mint a technika minden vonalán — esetleg felesleges beruházásokat ír elő, és pedig a hozzáfolyás biztosítása végett túl mélyre épített szivattyú, illetőleg feleslegesen magasra helyezett táptartály építési költségeivel kapcsolatban. Minden esetben ajánlatos ezért vizsgálat tárgyává tenni azt, hogy normál szivattyútípus helyett nem lenne-e gazdaságosabb egy nagyobb befektetést igénylő szivattyút alkalmazni, amely a normál típusnál kisebb hozzáfolyási magasságot igényel? Ezen többlet-befektetés ugyanis a csekélyebb hozzáfolyási magasság miatti építkezési költségmegtakarítás révén bőven megtérülhet.

E tanulmány keretében egyrészt azokat az elveket kívánom szabatosan lefektetni, melyek a legújabb elméletek alapján a szükséges hozzáfolyási magasságot meghatározzák, másrészt rá kívánok világítani azokra a lehetőségekre, melyek alapján a hozzáfolyási magasság adott teljesítmény esetén a minimális értékre csökkenthető. Sok esetben ugyanis a gépház elrendezéséből kifolyólag nincsen rá mód, hogy egy bizonyos meghatározott értéknél nagyobb hozzáfolyási magasságot biztosítsunk, ilyenkor tehát nem a szivattyú szerint kell előírni a szükséges hozzáfolyási magasságot, hanem a tervezőnek kell olyan szivattyút szerkeszteni, mely a rendelkezésre álló hozzáfolyási lehetőség mellett üzembiztosan működik.

A megengedhető legnagyobb szívómagasság:

1. abban az esetben, ha a szivattyú atmoszférikus nyomás alatt  $|A|$  álló, tehát nyitott tartályból kap vizet

$$H_{sz} = A - H_{tg} - h' - \Delta h. \quad (1)$$

Ahol  $H_{sz}$  a statikus szívómagasság,  $H_{tg}$  a  $t^\circ\text{C}$  hőmérsékletnek megfelelő telített gőznyomás és  $h'$  a szívó (hozzáfolyó) vezeték áramlási veszteségeit jelenti, vízszlop méterben kifejezve. A  $\Delta h$  a szivattyúlapátok beömlésénél mért legnagyobb depresszió ugyancsak méter vízszlopban van megadva.

Ha a szívómagasság (1) alapján negatívnak adódik, úgy a negatív értéknek megfelelő hozzáfolyási magasság biztosítandó.

2. Abban az esetben, ha a szivattyú egy  $H_t$  m. v. o. nyomás alatt álló, zárt tartályból kap vizet, a szívómagasság

$$H_{sz} = H_t - H_{tg} - h' - \Delta h. \quad (2)$$

Ha e zárt tartályban a  $t^\circ\text{C}$  hőmérsékletnek megfelelő telített gőznyomás uralkodik  $H_t = H_{tg}$  és ezzel

$$H_{sz} = -h' - \Delta h. \quad (2a)$$

Tehát ez esetben mindig hozzáfolyás szükséges, melynek nagyságát a hozzáfolyó vezeték áramlási veszteségein kívül, a keletkező legnagyobb lapádepresszió határozza meg.

*A lapádepresszió számítása*

Turbinaszivattyúk lapátcsatornáik között a relatív áramlási sebesség sugármenti eloszlása nem egyenletes. A középvízszál sebességéhez képest a lapát mellső oldala mentén a sebességcsökkenés, míg a hátsón sebességnövekedés lesz észlelhető. Felfogható ez úgy is, hogy a  $w_k$  közepes viszonylagos áramlási sebességre egy cirkulációs áramkép szuperponálódik és ennek következménye lesz a lapát két oldala között mutatkozó sebességeltérés. A Brenouilli egyenlet értelmében a sebességcsökkenés nyomásemelkedést, míg a sebességnövekedés nyomáscsökkenést eredményez, mely szerint a lapát hátsó oldala mentén kisebb lesz a nyomás, mint a mellsőn.

Ha ismerjük a belépésnél mért  $c_0$  abszolút és  $w_0$  viszonylagos sebességének értékét, úgy a legnagyobb nyomásesés

$$\Delta h = \lambda_1 \frac{w_0^2}{2g} + \lambda_2 \frac{c_0^2}{2g}, \tag{3}$$

ahol Pfleiderer alapján  $\lambda_1 = 0.25 - 0.35$  és  $\lambda_2 = 1.1 - 1.3$ . Az amerikai irodalomban  $\lambda_1$  Krisam-féle dinamikai depressziós faktor néven ismeretes, míg általában  $\lambda_2 = 1$  értékkel számolnak.

A sebességi háromszög alapján (l. l. ábra)

$$c_0 = u_1 \operatorname{tg} \beta_0 = \frac{D_1}{D_2} u_2 \operatorname{tg} \beta_0 \tag{3a}$$

$$w_0 = \frac{u_1}{\cos \beta_0} = \frac{D_1}{D_2} \frac{u_2}{\cos \beta_0} \tag{3b}$$

és ezzel

$$\Delta h = \frac{u_2^2}{2g} \left( \frac{D_1}{D_2} \right)^2 \left[ \frac{\lambda_1}{\cos^2 \beta_0} + \lambda_2 \operatorname{tg} \beta_0 \right]. \tag{4}$$

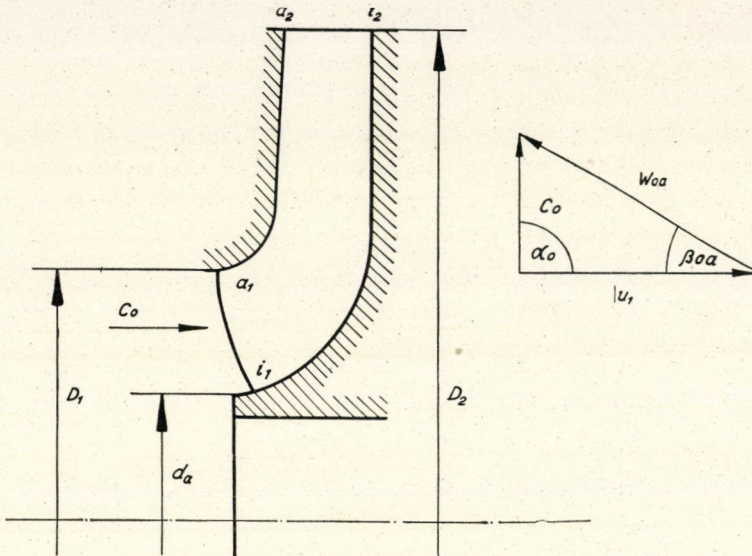
Geometriailag hasonló szivattyúk esetén a (4) képletben szereplő állandók összevonása után lesz

$$\Delta h = C \frac{u^2}{2g}. \tag{4a}$$

Mivel az emelési magasság szintén a kerületi sebességmagassággal arányos, végeredményben írható

$$\Delta h = \sigma \cdot H, \tag{5}$$

ahol a  $\sigma$  arányossági tényező a kerék kialakításától függ és geometriailag hasonló kerekeknel azonos értékű. Ez az ú. n. Thoma-féle hasonlósági törvény, melynek alapján tehát geometriailag hasonló szivattyúknál kiszámítható a maximális depresszió értéke.



1. ábra

Kimutatható, hogy a  $\sigma$  tényező függvénye a szivattyú gyorsjárásának. Általában  $V \text{ m}^3/\text{sec}$ . vízszállítás és  $H \text{ m}$  emelési magasság esetén, ha a szivattyú percnként  $n$  fordulatszámmal jár, a gyorsjárás

$$n_q = n \cdot \frac{V^{1/2}}{H^{3/4}}. \quad (6)$$

A Thoma-szám a gyorsjárással kifejezve :

$$\sigma = \left( \frac{1}{k \cdot S} \right)^{2/3} \cdot \left( \frac{n_q}{100} \right)^{4/3}. \quad (7)$$

Ahol a » $k$ « tényező az agyszűkítést jelenti, mely az 1. ábra jelöléseivel

$$k = 1 - \left( \frac{d_a}{D_1} \right)^2 \quad (8)$$

alakban írható fel. Az » $S$ « értékre Pfleiderer a »Saugzahl« megjelölést használja, mi azt ennek alapján szívásszámmak nevezhetjük. A depresszió (5), (6) és (7) képletek alapján

$$\Delta h = \left[ \left( \frac{n}{100} \right)^2 \frac{V}{k \cdot S} \right]^{2/3} \quad (9)$$



A keletkező maximális depresszió tehát bármilyen szivattyúnál attól függ, hogy adott vízszállítás esetén milyen fordulatszámot alkalmazunk. Az emelési magasság csak abban az esetben szerepel a depresszió képletében, ha a kerékforma és ezzel a gyorsjárás is meg van határozva.

A továbbiakban egy kétszeresen görbített térbeli lapátformát tartva szem előtt, meg fogjuk vizsgálni, hogy melyek azok a tényezők, amelyek az  $S$  szívásszám értékét meghatározzák. A beömlő sebességi háromszöget perdületmentes beömlés feltételezésével, a külső  $a_1$  pontra vettem fel (l. 1. ábra), tekintettel arra, hogy ott lép fel a nagy kerületi sebesség miatt a legnagyobb viszonylagos sebesség  $s$  így depresszió szempontjából ez a legveszélyesebb hely.

A 3a és 3b képletek alapján, ha azokba az

$$u_1 = \frac{D_1 \cdot \pi \cdot n}{60}$$

kerületi sebesség értékét helyettesítjük, lesz:

$$c_0 = \frac{D_1 \cdot \pi \cdot n}{60} \operatorname{tg} \beta_{0a} \tag{10a}$$

és

$$w_0 = \frac{D_1 \cdot \pi \cdot n}{60 \cdot \cos \beta_{0a}} \tag{10b}$$

A vízmennyiség a kontinuitás alapján

$$V = \frac{\pi}{4} D_1^2 k \cdot c_0 \tag{10}$$

A (10) képletbe  $c_0$  értékét (10a)-ból helyettesítve és abból a belépő átmérőt kifejezve

$$D_1 = \sqrt[3]{\frac{240 \cdot V}{\pi^2 k \cdot n \cdot \operatorname{tg} \beta_{0a}}} \tag{11}$$

Ha  $D_1$  értékét a (10a) és (10b) formulákba helyettesítjük, úgy a depresszió a (3) képlet alapján:

$$\Delta h = \left( \frac{\pi}{30^2} \frac{n^2 V}{k} \right)^{2/3} \left[ \frac{\lambda_1}{(\cos^2 \beta_{0a} \cdot \sin \beta_{0a})^{2/3}} + \lambda_2 \cdot \operatorname{tg}^{4/3} \beta_{0a} \right] \frac{1}{2g} \tag{12}$$

Ha  $n$ ,  $V$  és  $k$  állandók, úgy nyilván a depresszió csupán a  $\beta_{0a}$  értékétől függ. Tekintetbevéve még, hogy a (9) formula alapján a szívásszám<sup>1</sup>

$$S = \left( \frac{n}{100} \right)^2 \frac{V}{k \cdot \Delta h^{3/4}} \tag{13}$$

<sup>1</sup> Az angol irodalomban a  $\frac{n \sqrt{V}}{\Delta h^{3/4}} = \sqrt{S}$ . k. formulára »suction specific speed« megjelölést használják, mivel az a szívóképességre jellemző gyorsjárás.

alakban fejezhető ki, írható :

$$S = \frac{1}{\pi} \left( \frac{30}{100} \right)^2 \left[ \frac{2g}{\frac{\lambda_1}{(\cos^2 \beta_{0a} \cdot \sin \beta_{0a})^{2/3}} + \lambda_2 \cdot \operatorname{tg}^{4/3} \beta_{0a}} \right]^{3/2} \quad (14)$$

Ha tehát  $\lambda_1$  és  $\lambda_2$  állandók, akkor a szívásszám csakis a belépési szög függvénye. A keletkező legnagyobb depresszió — bármilyen gyorsjárású kereket tartunk szem előtt — csupán a szívásszámtól és az agyszűkítéstől függ, valamint a fordulatszám és vízmennyiség értékétől (9).

### *Irányelvek a hozzáfolyási magasság csökkentéséhez*

A szükséges hozzáfolyási magasság csökkentése érdekében, egyrészt bő hozzáfolyóvezetékot kell alkalmazni, hogy ezzel az áramlási veszteségeket a minimális értékre korlátozzuk, másrészt olyan szivattyút kell szerkeszteni, amelynél a  $\Delta h$  depresszió kicsiny értékű.

A (9) képlet szem előtt tartásával adott  $V$  m<sup>3</sup>/mp vízszállítás esetén a depresszió alacsony értéken tartható

1. nagy ( $S$ ) szívásszámú kerék alkalmazásával,
2. a » $k$ « agyszűkítési tényező növelésével,
3. viszonylagosan alacsony fordulatszám alkalmazásával.

1. Az előző fejezetben már rámutattam arra, hogy a szívásszám a  $\beta_{0a}$  lapátbeömlési szög függvénye. Ha a (12) képlet szögletes zárójelben levő tagjának  $\beta_{0a}$  szerinti differenciálhányadosát zérussal tesszük egyenlővé, a következő optimumot nyerjük :

$$\operatorname{tg}(\beta_{0a})_{opt} = \sqrt{\frac{1}{2} \frac{\lambda_1}{\lambda_1 + \lambda_2}}. \quad (15)$$

Pfleiderer szerint felvehető

$$\lambda_1 = 0,3 \quad \text{és} \quad \lambda_2 = 1,2$$

ezzel

$$\operatorname{tg}(\beta_{0a})_{opt} = 0,316$$

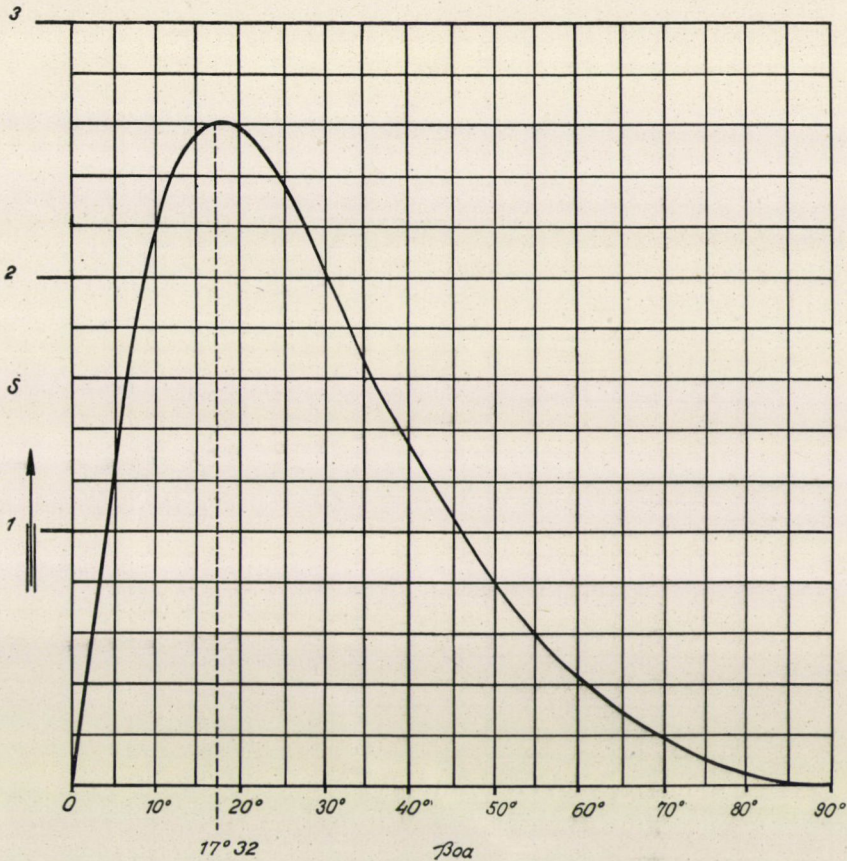
és

$$(\beta_{0a})_{opt} = 17^\circ 32'.$$

Tehát a depresszió abban az esetben lesz a legkisebb, ha a belépő lapátszög a fenti értékeknek megfelelő. A  $17^\circ 32'$  szöget a (14) képletbe helyettesítve lesz

$$S_{opt} = 2,61.$$

A 2. ábra diagrammján a belépő lapátszög függvényében ábrázoltam a szívásszám változását, melyből látható, hogy ha  $\beta_{0a}$  kisebb az optimális értéknél,



2. ábra

a szívásszám meredekebben csökken, mint az optimálisnál nagyobb lapátszög esetén. A jó szívóképesség érdekében általában  $\beta_{0a} = 15-20^\circ$  közt választható.

Pfleiderer megvizsgálta a szívásszám alakulását arra az esetre is, amidőn a beömlés nem perdületmentes. Számításaiban kimutatta, hogy az optimális  $\beta_{0a}$  szög mellett hogyan változik a szívásszám a relatív perdületfok függvényében. A hosszadalmas levezetés helyett itt csupán a végeredmény alapján készült diagrammot közlöm (l. 3. ábra), mely a relatív perdületfok

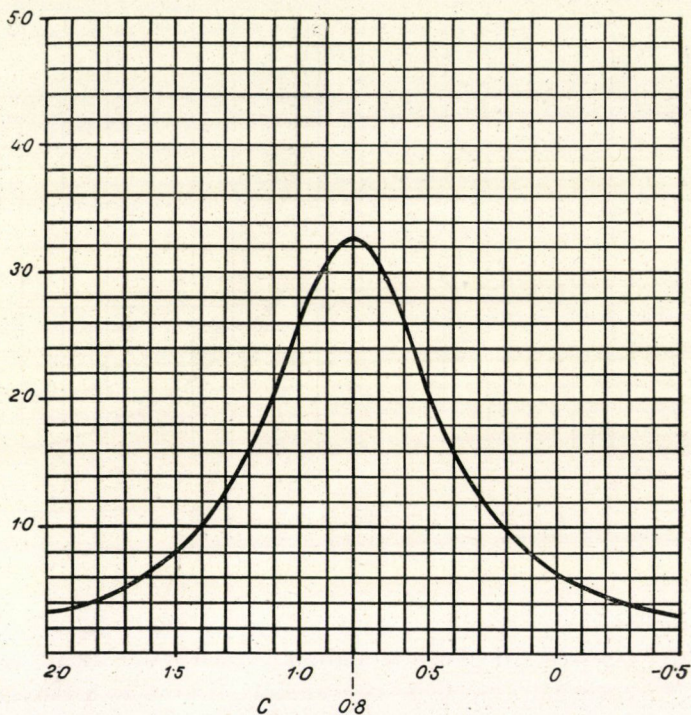
$$C = 1 - \frac{c_{0u}}{u_{1a}}$$

függvényében tünteti fel a szívásszám változását. Perdületmentes beömlés esetén  $C = 1$ , ekkor tehát az előzőekben levezetett ( $S = 2,61$ ) optimális szívásszámmal számolhatunk. Ellenperdület esetén ( $C > 1$ ) a szívásszám erősen csökkenő irányzatú, míg ha a perdület a forgásiránnyal egyező értelmű ( $C < 1$ ), úgy  $C = 0,8$  értékig a szívásszám javuló, majd 0,8 alatt újból csökkenő tendenciájú.

A szívásszámnak tehát a belépő perdületfok függvényében is van egy maximuma, melynek értéke optimális lapátszög esetén

$$(S_{opt})_{max} = 3,26 .$$

Ha tehát a belépés előtt egy olyan vezetőkereket alkalmazunk, amely a víznek egy  $C = 0,8$  mértékű relatív perdületet kölcsönöz, akkor ezzel a szívásszám, tehát a szivattyú szívóképessége is javulni fog.



3. ábra

2. A »k« agyszűkítési tényező növelése szintén a depressziót csökkenti, tehát javítja a szívóképességet.

A (8) képlet szerint a belépő átmérőhöz képest viszonylagosan kis agyátmérő alkalmazása teremt kedvezőbb szívási viszonyokat.

3. A (9) formula alapján a depresszió arányos a fordulatszám  $4/3$ . hatványával, tehát ha csekély hozzáfolyási magasság áll rendelkezésünkre, úgy ajánlatos alacsony fordulatszámot választani. Az alacsony fordulatszám természetesen kis emelési magasságot eredményez, miért is ilyen esetben több lépcső beépítése válik szükségessé.

Adott vízszállítás esetén a fordulatszám felvételével az egy lépcsővel elérhető emelési magasságot a (6) szerint meghatározza a szivattyú gyorsjárása.

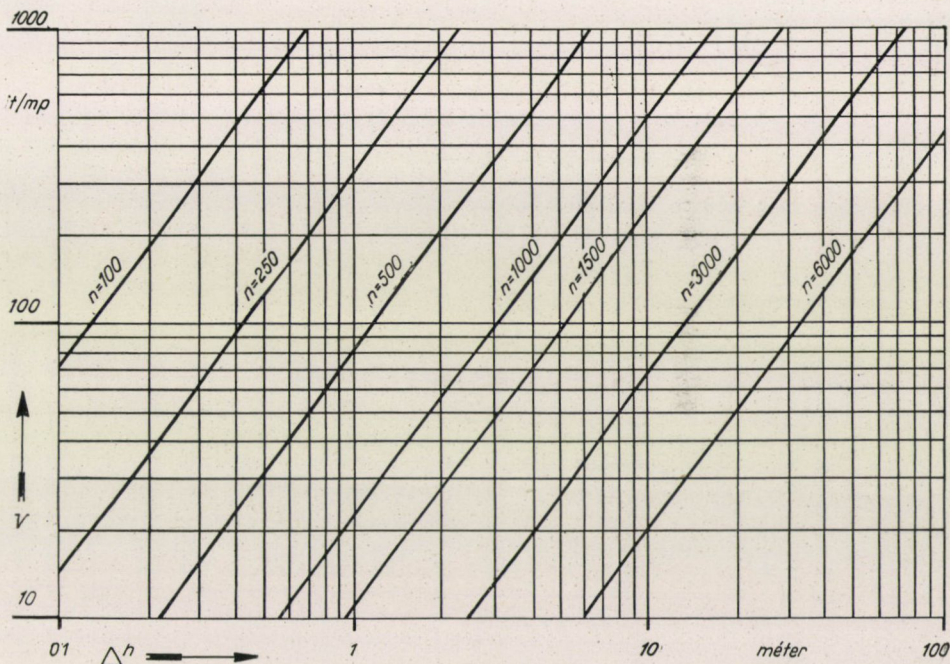
$$H_1 = \left( \frac{n}{n_q} \right)^{4/3} V^{2/3}. \quad (16)$$

Ugyanis a fordulatszám megválasztásával a szükséges lépcsőszám

$$i = \frac{H}{H_1} \quad (16a)$$

alapján meghatározható.

A 4. ábrán  $S = 2,66$  és  $k = 0,75$  felvétellel, logaritmikusan koordináta-rendszerben, különböző fordulatszámok mellett ábrázoltam a depresszió értéké-



4. ábra

nek a vízmennyiség függvényében történő változását. E diagramm alapján tetszés szerint megadott hozzáfolyási, magassághoz megtalálható a különböző vízszállítások mellett alkalmazható legnagyobb fordulatszám.

Abban az esetben, ha a szivattyú zárt tartályból — melyben a hőmérsékletnek megfelelő telített gőznyomás uralkodik — kap vizet, a hozzáfolyási magasságnak kell fedeznie a csővezeték áramlási veszteségein kívül a maximális lapátdepresszió értékét.

Ha pl. 1,5 m statikus hozzáfolyás áll rendelkezésünkre és a csővezetéknek olyan belvilágot biztosítunk, hogy az áramlási veszteség ne haladja túl a 0,5 m értéket, úgy a depresszió fedezésére marad 1 m manometrikus hozzáfolyási magasság. Ennek megfelelően a 4. diagramm alapján pl. 12 lit/mp vízszállítás esetén az alkalmazható legnagyobb fordulatszám: 1500/perc, viszont pl. 80 lit/mp víz mennyiség esetén már 500 percnkénti fordulatszám mellett fog fellépni az a depresszió, amelyet még a rendelkezésre álló hozzáfolyás fedezni képes.

1. *példa*: Mennyi a megengedhető legnagyobb szívómagasság, ha  $n = 1500$  percnkénti fordulatszám mellett, másodpercnként 30 liter  $60^\circ\text{C}$  hőmérsékletű vizet kívánunk szállítani. A melegvíztartály nyitott és rá  $A = 9,5$  m várható legalacsonyabb külső légnyomás hat?

A táblázatból  $H_{lg} = 2,08$  m, a diagrammból  $\Delta h = 2,2$  m. Egy 125 mm belső átmérőjű cső alkalmazása esetén a szívócső és lábszelep ellenállása  $h' = 2,8$  m.

A maximális geodetikus szívómagasság (1) alapján

$$H_{sz} = 9,5 - 2,08 - 2,8 - 2,2 = 2,42 \text{ m.}$$

Abban az esetben, ha a fordulatszámmal 3000/perc-re megyünk fel, a diagrammból  $\Delta h = 5,5$  m és ezzel

$$H_{sz} = 9,5 - 2,08 - 2,8 - 5,5 = -0,88 \text{ m,}$$

tehát ekkor már 0,88 m hozzáfolyás szükséges.

2. *példa*: másodpercnként 16 liter  $100^\circ\text{C}$  hőmérsékletű kondenzvíznél a rendelkezésre álló hozzáfolyás 0,5 m, ebből a csővezeték ellenállása felemészt  $h' = 0,2$  m-t. Kérdés, hogy maximálisan mekkora fordulatszám alkalmazható? A tartály zárt és benne a hőmérsékletnek megfelelő gőznyomás uralkodik

$$\Delta h = 0,5 - 0,2 = 0,3$$

melynek 16 lit/mp vízszállítás esetén a diagrammból megfelel maximálisan  $n = 500$  percnkénti fordulatszám.

3. *példa*: Mekkora minimális hozzáfolyási magasság szükséges egy kazántápszivattyúnál, mely percnként 3000 fordulat mellett 50 lit/mp vízmennyiséget szállít?

A víz hőmérséklete  $130^\circ\text{C}$  és a zárt táptartályban a telített gőznyomás uralkodik.

A diagramm alapján  $\Delta h = 8$  m, tehát ekkora nyomásnak kell lenni a szivattyú belépésénél.

Ha a 8 m hozzáfolyás helyett a helyszíni adottság folytán csupán 4 m biztosítható, úgy egy szállítószivattyút kell alkalmazni, mely minimálisan 8 m nyomással benyomja a vizet a tápszivattyú szívócsónkjába. Ha a szállítószivattyú (Zubringer-Pumpe) fordulatszáma 1500/perc, úgy  $\Delta h = 3$  m, tehát a csővezeték veszteségeinek fedezésére a rendelkezésre álló 4 m-ből még marad  $h' = 1$  m.

Az egylépcsős szállítószivattyú nyomása  $n_q = 30$  felvétellel

$$H = \left[ \left( \frac{1500}{30} \right)^2 \cdot 0,05 \right]^{2/3} = 25 \text{ m}$$

mely bőségesen elég a  $h = 8$  m fedezéséhez.

Természetesen, ha a szívásszám és az agyszűkítés eltér attól az értéktől, melynek alapján a 4. sz. diagramm készült, úgy a beömlési szögnek megfelelő szívásszámot a 2. sz. diagrammból kell kivenni és annak alapján a depresszió az agyszűkítés ismeretével a (9) képletből számítható.

Általában azonban a szokásos 15—20° lapátbelépési szögek esetén a szívásszámban nagy eltérések nem mutatkoznak és bármilyen gyorsjárás esetén (még propeller szivattyúnál is) számolhatunk  $S = 2,5$  közepes értékkel. A 4. sz. diagramm első megközelítésben mindig jó tájékoztatásul szolgálhat, pontos kiértékelés esetén azután érdekes a belépési szögnek megfelelő  $S$  értékkel és a szűkítés tekintetbevételével utánaszámolni.

## IRODALOM :

*C. Pfleiderer* : »Die Kavitationsgrenze bei Pumpen und Turbinen. V. D. I. Bd. 92 (1950) Nr. 23.

*C. Pfleiderer* : »Die Kreiselpumpen für Flüssigkeiten und Gase. Berlin (1949).

*A. J. Stepanoff* : »Centrifugal and Axial Flow Pumps«. New-York John Wiley (1948).

*F. Grünagel* : »Flüssigkeitsbewegungen in umlaufenden Radialrädern V. D. I. Forschungsheft 405, Berlin (1940).

*Dr. Hansen* : »Untersuchungen über den Einfluss des endlichen Schaufelabstandes in radialen Kreislrädern«. Braunschweig (1935).





# REPÜLŐGÉPEK LABORATÓRIUMI REZGETÉSI VIZSGÁLATA

ALMÁSSY GYÖRGY ÉS VARGA LÁSZLÓ

Beérkezett 1951. július 30.

## I. A repülőgépekkel kapcsolatos rezgetési kísérletekről általában

A repülőgépeken fellépő rezgési jelenségek elméleti és kísérleti vizsgálata a korszerű repüléstudománynak egyik állandó témakörét képezi. A repülőgépek teljesítményének és sebességének az utóbbi évek folyamán mutatkozó igen nagymértékű növekedése szintén számos újabb rezgési problémát vetett fel. Hazai viszonylatban a rezgési jelenségek tanulmányozásával a népi repülés alapjául szolgáló vitorlázó repülés számos rezgésekkel kapcsolatos kérdésére is választ szeretnénk adni. Ezáltal, a biztonság növelése mellett korszerűbb, tehát takarékosabb tervezés válik lehetővé.

Röviden összefoglalva, a rezgési vizsgálatok célja a következő lehet :

a) Olyan adatok felderítése, amelyek a repülőgéptervező munkáját megnyugtató módon alátámasztják. Különösen kívánatos ez akkor, ha a tervbevett megoldás lényegében újszerű, tehát a hasonló típusok berepülése és repülési üzeme során nyert tapasztalatokra még nem támaszkodhatunk.

b) Valamely géptípus repülési üzeme során jelentkező és gyaníthatóan rezgési okokra visszavezethető panaszok esetenkénti megvizsgálása.

c) Egyes géprészek, műszerek stb. előzetes vizsgálata a várható rezgési, ill. rázási igénybevételek szempontjából.

A vizsgálatok végrehajtása és kiértékelése a rendelkezésre álló elég nagyszámú tájékoztató irodalom figyelembevételével is meglehetősen bonyolult.

A fent vázolt feladatok kísérleti úton való megoldása a következő módokon történhet :

1. Rezgési kísérlet földön álló gépen.
2. Rezgési kísérlet szélcsatornába helyezett modellen.
3. Rezgési kísérlet a repülőgép berepülése kapcsán.

A Műszaki Egyetem Repülőgépek tanszéke kutatási programjának keretében ezévből elsősorban az 1. pont alatt feltüntetett kísérletek végrehajtását, ill. a mérési módok átgondolása után e vizsgálatok végrehajtásához szükséges berendezések megtervezését és a tanszéki laboratóriumban való elkészítését tűztük ki célul, megjegyezve, hogy a földön álló gépen végzett

és a rezgetési kísérletek útján nyert eredményeinket a későbbiekben, a fent 2. és 3. pontok alatt felsorolt módszerekkel is ellenőrizni, ill. bővíteni kívánjuk.

Hogy kutatótervünket és az eddig végzett munkánkat ismertessük, az alábbiakban röviden összefoglaljuk a repülőgépek üzeménél vizsgálat tárgyává tehető rezgési fajtákat.

Szó lehet a *rázási jelenségek*, tehát elsősorban a motor és légsavár kiegyenlítőlen tömegeitől származó, aránylag nagy frekvenciájú, nagy gyorsulásokkal járó rezgések vizsgálatáról.

E rezgéstípus az egyes szerkezeti elemek, elsősorban a motorbekötések igénybevétele szempontjából jelentős. Az anyagkifáradás problémája már a gépészet más ágaiban is kutatás tárgya volt. A repülés üzemét tekintve, külön érdeklődésre tarthat számot az egyes műszerek és szabályozó szervek rezgésekkel szemben tanúsított érzékenysége. Bizonyos rádiócső-típusok, egyenirányító egységek, kapcsolóberendezések stb. a tapasztalat szerint kb. a 200—300 Hz rezgéssávban olyan rezonanciarezgésbe jöhetnek, hogy helyes működésük megszűnik, sőt esetleg rajtuk sérülések is keletkeznek. A használatos műszertípusokat illetően mindaddig, a működésükben a rázás által előidézett zavarokra vonatkozóan, igen kevés adat áll rendelkezésre és a tervező rugalmas felfüggesztések alkalmazásával igyekszik a rázás kellemetlen hatásait csökkenteni.

Az általunk tervezett és a későbbiekben ismerttetendő rezgetőberendezéssel a fellépő kívánságoknak megfelelően, lehetővé válik egy-egy műszertípus rezgés-érzékenységének részletes vizsgálata is.

A rázás további vizsgálata a repülőszemélyzet fiziológiai igénybevétele, valamint a rázásból keletkező kellemetlen zaj csökkentésére irányuló eljárások kidolgozása szempontjából is jelentőséggel bír.

Még fontosabb és a vizsgálatot illetően lényegesen bonyolultabb a *légerők hatására keletkező* rezgési jelenségek felderítése. E csoportba tartoznak a szárny, a törzs, valamint a farokfelület rezgései. E rezgések közös sajátága, hogy a levegő megfűvásából vesznek fel energiát, továbbá, hogy bizonyos körülmények között — a rezgésekre vonatkozó — ú. n. »kritikus sebesség« átlépésekor olyan jelenségek is mutatkozhatnak, amelyek hatásukban már igen súlyosak lehetnek a repülőgép üzemére. Ilyenek: aszárny lecsavarodása és törése, a csűrés lehetőségének megszűnése stb.

A jelenségek vizsgálata elég nehéz, mert az egyes rezgésfajták egymással rendszerint kapcsolatban vannak és így elkülönítve nem tárgyalhatók.

A szárnynál pl. megvan az a lehetőség, hogy a hajlító és csavaró lengések kapcsolódjanak és ezáltal kölcsönösen gerjesszék egymást. A kétféle rezgés kapcsolódása egyrészt tehetetlenségi, másrészt aerodinamikai úton jöhet létre és az amplitudók a kölcsönös gerjesztés hatására egészen a szárnytörésig növekedhetnek. A rezgési veszély elkerülésére már a szárny tervezése alkalmával — az elméleti eredményeket figyelembevéve — gondolni kell; védekezést jelent

pl. az is, ha a csavaró és hajlító rezgést egymáshoz képest sikerül »elhangelni«, azaz a rezgésszámok lehető nagy különbözőségét elérni.

Külön érdeklődésre tarthat számot a csűrő és szárny-, illetve a kormányfelületek és vezérsíkok közötti rezgés kapcsolat részletes vizsgálata is. E problémák a vitorlázó repülésben is fellépnek.

A szárny hajlító vagy csavaró lengései, a fentiekhez hasonlóan aerodinamikai és tehetetlenségi úton kapcsolódhatnak a csűrő rezgésekkel. E rezgések vizsgálata a csűrőkormány helyes működése szempontjából is fontos.

A fentiekben már említett ú. n. kritikus sebességek, amelyek tehát a szárny csavaró és hajlító rezgésére, vagy a szárny és csűrő kapcsolt rezgéseire, ill. a farokfelületekre vonatkozhatnak, elég körülményesen határozhatók meg és e sebességek számítására véglegesen kialakult egységes módszer nincs. Az elméleti és kísérleti tárgyalás itt meglehetősen összefonódik és a laboratóriumi megrezgetés célja éppen az, hogy a hosszadalmas és bonyolult elméleti tárgyalás egyszerűsíthető legyen.

A laboratóriumi rezgetési kísérletek egyik jellegzetes értéke a megfelelően alátámasztott, ill. felfüggesztett gép »rezonancia frekvenciája«. Mindenesetre fontos azt megjegyezni, hogy a rezgetési kísérletek során megállapítható önlengésszám nem értelmezhető egyszerűen az egyéb rezonanciakísérletek törvényszerűségei szerint, mivel itt összetettebb folyamatról van szó és az itt kapott értékek csak megfelelő kiértékelés után használhatók fel a kritikus sebesség számításához.

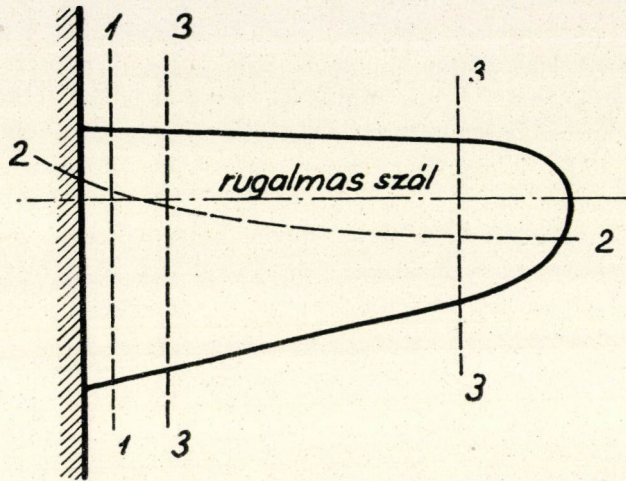
A szárnyhoz hasonlóan, esetenként a törzs-, ill. farokfelületek önlengésszámának meghatározására is sor kerül.

A rezgetési kísérletek során a repülőgéprész »rezgési módozatát« is megállapítjuk. A rezgési módozatot a csomóvonalak száma és elhelyezkedése szabja meg. Pl. egy egymotoros gép szabadonhordó szárnya az 1. ábrán feltüntetett rezgési módozatot mutatja. Itt 1—1 az egycsomóvonalas hajlító lengés csomóvonal, 2—2 a kapcsoló csavaró és hajlító lengések csomóvonal, és végül 3—3 a kétsomóvonalas hajlító lengés csomóvonal. A veszélyes rezgéstípust a 2—2 csomóvonal jelenti, mert mint ismeretes, itt megvan a lehetőség, hogy az egymással kapcsolódó csavaró és hajlító lengés egymást gerjessze és így az amplitudó a törésig növekedjék.

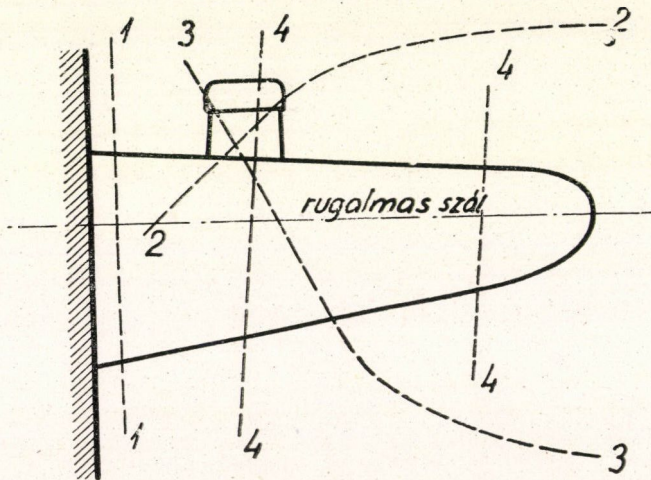
A laboratóriumi rezgetési kísérletek derítették fényt arra a repülési vizsgálatok során már tapasztalt jelenségre, hogy a két-, ill. többmotoros gépek, azonos merevségi viszonyok mellett is, a veszélyes rezgések szempontjából kedvezőbb tulajdonságot tanúsítanak nagyobb sebességeknél, mint az egymotorosak. A kísérleti úton felvett rezgési módozat kétmotoros gépnél a 2. ábrának megfelelő volt. Itt 1—1 az egycsomóvonalas hajlító, 2—2 és 3—3 az egycsomóvonalas hajlító-csavaró és 4—4 a kétsomóvonalas hajlító lengés. Láthatjuk, hogy a fellépő rezgéstípusok a hajlításához közelállóak: a veszélyt jelentő csavaró és hajlító lengés kapcsolat tehát csak nagyobb sebességeknél játszik szerepet. A motornak a szárnyhoz viszonyított nagy tömege ilyenkor

mint »befogás« hat és a külső rövidebb szárnydarabra nagyobb önlengésszámok adódnak: a kritikus sebesség értéke növekszik.

Fontos feladata a rezgetési kísérleteknek a kormánylapok és a szárny-, ill. vezérsíkok tömegkapcsolatának a kiegyenlítéssel összefüggő vizsgálata is.



1. ábra



2. ábra

E vizsgálatok végrehajtására a tervezésnél használt régebbi előírások (B. V. F.) is tartalmaznak már útmutatást. Eszerint, ha a kormánymozgató-rudazatot kioldjuk, úgy helyes kiegyenlítés esetén a kormánylap a megrezgetett szárnyal, ill. vezérsíkkal együtt mozog.

## II. A laboratóriumi rezgetési vizsgálat alapelvei

A földi rezgetési kísérlet végrehajtásának menete a következő: A vizsgált repülőgépet vagy géprészt rugalmasan felfüggesztjük, illetve alátámasztjuk. Az így előkészített gépet különleges rezgető berendezés (vibrátor) segítségével megrezgetjük. Az egyes géprészeken mérjük közvetlenül vagy közvetve a rezgésérzékelők (pick-up) segítségével a rezgési amplitudókat különböző rezgetési frekvenciáknál, végül a rezgésérzékelők által felvett észlelést, a megfelelő erősítőberendezés közbeiktatásával a regisztráló berendezésre, egy katódsugár oszcillográf eltérítő lemezeire visszük át és az ernyőn mutatkozó jeleket megfelelő skálán mérve leolvassuk, vagy fényképezzük.

A legtöbb repülőgéptípus esetében a rezgésvizsgálatot az 5 Hz—50 Hz-ig terjedő frekvenciasávban kell elsősorban elvégezni.

Nagyobb frekvenciák előállítása is szóba jöhet, ha a motor által gerjesztett rezgéseket vizsgáljuk, azonban erre csak akkor van szükség, ha a repülőkísérletek során mutatkozó rezgési jelenségek ezt szükségessé teszik. Az újabb, igen nagy repülő súlyú gépek esetében a frekvenciasáv a megadottól ugyancsak eltér és ilyenkor a vizsgálati értékeket az egyes géptípusokra esetenként kell megállapítani.

A kísérlet során nyert rezgési módozatot jelentősen befolyásolja a vizsgált gép tömegeloszlása. E szempontból különösen fontos az, hogy a szárnyban levő tüzelőanyag-tartályok mennyire vannak feltöltve. Rendszerint az üres és a teljesen töltött tartályok esetében végzik el a mérést, de ha az így nyert rezgési módozatok jelentős eltérést mutatnak, akkor közbeeső állapotokat is meg kell vizsgálni.

Több rezgető egyidejű alkalmazásával bizonyos esetekben ki tudjuk kényszeríteni egyes rezgési módozatok keletkezését. A módozatot a gép különböző pontjain végzett rezgési amplitudó közvetlen mérésével, ill. közvetett meghatározásával állapítjuk meg. A rezgető frekvenciáját változtatva és a rezgető erőt gyakorlatilag állandó értéken tartva, meghatározhatjuk a gép különböző pontjainak rezonanciagörbáját, azaz a rezgés amplitudóját, mint a frekvencia függvényét.

A kísérlet elvégzéséhez a repülőgépet olyan állapotba igyekszünk hozni, amely a repülési helyzetet megközelíti. Ezt a megfelelő felfüggesztés, ill. alátámasztás biztosítja. Alkalmazhatunk pl. három ponton történő elasztikus felfüggesztést. A felfüggesztési pontokat ilyenkor rendszerint a törzshöz közel, a főfutómű-bekötések közelében választjuk. Történhet a mérés a futókeréken álló gépen is. A kísérletek azt mutatták, hogy kisebb gépeknél ez az elrendezés is jó mérési lehetőséget biztosít. A lágyabb alátámasztás elérésére a főfutókerekek ballon nyomását kb. az előírtnak 60%-ára csökkentik. Orrkerékes futóműveknél a megtámasztás harmadik pontját az orrkerék szolgáltatja, farokkerékes megoldás esetén azonban, mivel a farokkerék meglehetősen merev, célszerű a törzshátsórészt felemelni és rugalmas kötéllel kikötni.

Nagyobb gépeknél, kb. 30 m szárny terjedtségen felül, a fentieknél még kisebb saját frekvenciájú alátámasztást kell alkalmazni. Ilyenkor a gépet nagy légszásokra fektetik, vagy vízirepülőgépeknél a vizen fekvő gépet rezgetik meg.

A megrezgetés valamelyik — a későbbiekben részletesebben ismertetett — típusú rezgetőberendezés segítségével történik.

A rezgetési pont helye, a gépre ható rezgetőerő iránya, a gép típusától, valamint a rezgés módozatától függ. Általában beszélhetünk szimmetrikus rezgés gerjesztésről, amikor a két szárnyfél megfelelő pontjai azonos amplitudóval azonos értelemben térnek ki és antimetrikus rezgetésről, amikor a megfelelő pontok elmozdulása azonos amplitudójú, de ellentétes értelmű. E két típustól eltérő rezgést asszimmetrikusnak nevezhetjük.

A szárnyon és a törzsen a rezgetők általában függőleges irányban fejtenek ki erőt, nagyobb gépeken azonban a függőleges vezérsíkot, valamint a törzset vízszintes irányú rezgetés hatásának is kiteszik.

Az antimetrikus rezgetés előállítása  $180^\circ$ -os fáziskülönbséggel dolgozó rezgetőket igényel, ezért az ilyen rezgés gerjesztés elektromos típusú vibrátorokkal érhető el legjobban.

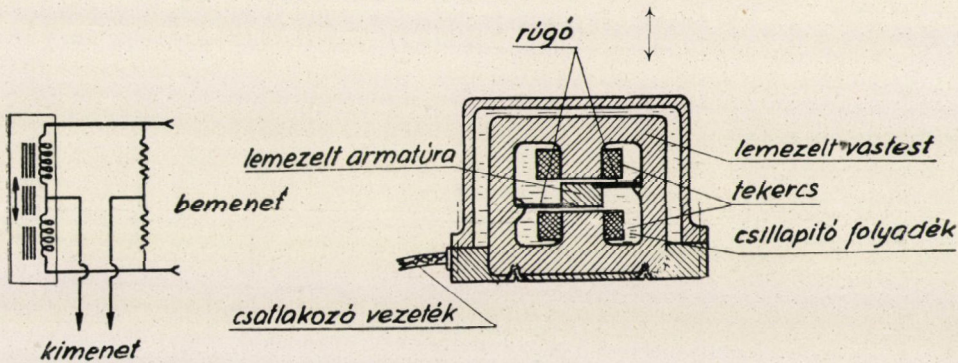
A mérési pontok helye és száma függ a gép típusától és nagyságától. Általában több, egymástól kb. egyforma távolságban levő szárny- és vezérsík-metszetben kell mérést végezni. A mérőhelyet rendszerint a főtartón, vagy a szárny be-, ill. kilépő élén célszerű elhelyezni. A törzs függőleges rezgéseit a törzs alsó részén mérik. Minden esetben fontos szempont a mérőhely kiválasztásánál az, hogy a mérés a géppel valóban együttrezgő alkatrészen történjék, így pl. a deformálódó borítás a mérést ne hamisítsa meg.

A rezgésérzékelés történhet mechanikus úton, vagy közvetve elektromos rezgésérzékelők segítségével. A különleges elektromos mérőműszerek kifejlesztése lehetővé tette a mérési érzékenység nagyfokú növelését, ami azzal az előnnyel jár, hogy a rezgetési kísérleteknél kisebb amplitudójú mozgás vizsgálata is elegendő s így a hosszú ideig tartó méréseknél a gép sérülési veszélye csökken. Ugyancsak az elektromos mérési technika tette lehetővé, hogy az egyidejű mérések számát szinte korlátlanul növelhessük.

A különféle rezgésérzékelők működési elvük szerint lehetnek: gyorsulásmérők, sebességmérők és amplitudómérők. A gyorsulásmérő, ill. sebességmérő típusú rezgésérzékelők esetén, hogy a műszer által szolgáltatott jel az amplitudóval legyen arányos, kétszeres, ill. egyszeres integrálást kell végrehajtani. Az elektromos mérési mód további előnye, hogy ezt az integrálást megfelelő elektromos mérőkörök közbeiktatásával lehet megoldani. Az eljárás ugyan a jel erősségét némiképp csökkenti, ezért minden integráló fokozat után egy erősítőberendezést kell közbeiktatni.

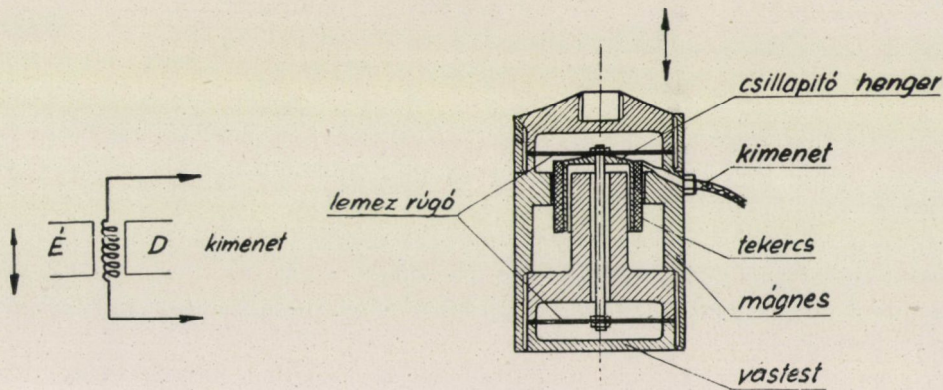
A különféle típusú érzékelők vázlatos rajzát a 3. 4. és 5. számú ábrák mutatják.

A gyorsulásmérő rendszerű érzékelőnél (3. ábra) a ház közepén elhelyezett lemezzugókhoz kikötött armatúra a gyorsulás hatására kitér és a ház alsó, ill. felső vastestén elhelyezett tekercsek induktívitasát ellentétesen változtatja



3. ábra

meg. Ez a változás az alkalmazott elektromos híd kiegyenlítetlenségét idézi elő, ami egyúttal a mérés alapjául is szolgál. E típus nagy előnye, hogy mérete és súlya igen kicsiny és így akkor is jól használható, ha kis tehetetlenségű tömegeken kell mérést végezni. Hátránya viszont, hogy utána a már említett integráló



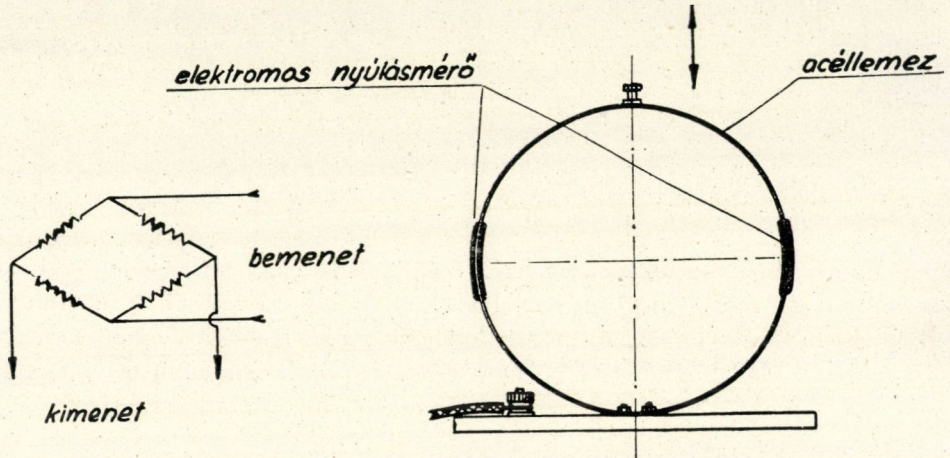
4. ábra

köröket, ill. erősítőberendezéseket kell beiktatni, ami meglehetősen bonyolult összeállítást jelent.

A sebességmérő rendszerű érzékelő a leggyakrabban használt típus (4. ábra). Lényege egy rúgókkal felerősített lengőtekercs, amely tengelyirányban egy permanens mágnes terében mozdul el. A tekercs felerősítése, s így az érzékelő saját frekvenciája olyan, hogy kb. 50 Hz-nél nagyobb frekvenciák esetében a tekercs nyugalomban van, miközben a ház és a mágnes a mért pont amplitudójának megfelelő elmozdulásokat végez. Az érzékelő »kimenete« arányos a tekercsnek a mágneses térhez viszonyított időegység alatti relatív elmozdulásával

(innen ered a sebességérzékelő elnevezés). Csillapítás esetén e típus jóval az érzékelő saját frekvenciája alatt is használható, de a mérés pontossága 10 Hz alatt már eléggé csökken. E mérőeszköz legnagyobb hátránya, hogy meglehetősen nehéz. Ezért, ha kis tehetetlenségű részeken (pl. kormányfelületeken) kell mérést végezni, úgy egy olyan módosított kivitelét használják, amelynél a lengőtekeres a mérendő repülőgépszerkezettel van közvetlenül összekötve.

Az amplitudó mérőrendszerű érzékelőnél (5. ábra) a mérés közvetlenül a keresett amplitudót szolgáltatja. A műszer lényeges része egy merev alapra



5. ábra

erősített függőleges síkú köralakú acélszalag, amely a mért ponttal mereven össze van kötve, így az elmozdulásnak megfelelően deformálódik. Az acélszalag amplitudóval arányos nyúlását két oldalon elektromos nyúlásmérő segítségével mérjük. Ez az érzékelő típus csak a saját frekvenciája alatt használható, aránylag nagy méretű. Előnye a gyorsulás és a sebesség típusú érzékelőkkel szemben, hogy nem szükséges dinamikusan hitelesíteni, hanem statikusan is jól kalibrálható.

Az említett elektromos nyúlásmérővel kapcsolatban megjegyezzük, hogy e mérési rendszer alkalmazása a repülőgépekkel kapcsolatos kutatásokban igen nagy jelentőségű. A különböző típusú mérőfejek között ugyanis ez a legkisebb tömegű, úgy, hogy még nagy számban elhelyezve sem zavarja meg a keletkező rezgési módozatot. A nagyszámú egyidejű mérés lehetősége mellett további nagy előnye, hogy felerősítése igen egyszerűen, ragasztás útján történik.

### III. A rezgésteltő berendezések

A vizsgálni kívánt rezgési módozatok előállítására a megfelelő rezgető berendezés segítségével történik. A rezgető berendezés tervezésénél a következő szempontokat kell figyelembe venni:



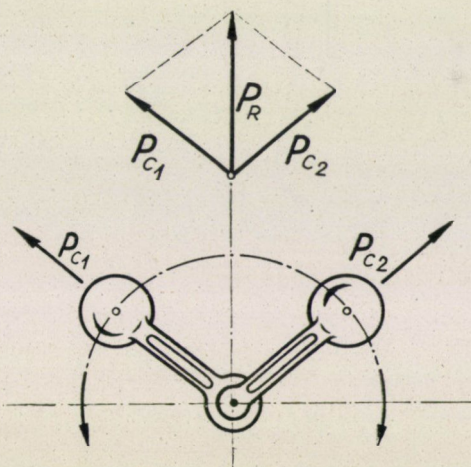
Fontos, hogy a rezgető készülék az idő függvényében vizsgálva, lehetőleg tiszta sinusos rezgető erőt termeljen. Ez azért kívánatos, mert a sinusos törvénytől való eltérés esetén jelentkező felharmónikusok a mérési eredmények helytelen kiértékelését okozhatják. További kíváncsi, hogy lehetőség legyen a rezgési frekvencia változtatására olyan mértékben, amint a vizsgált géptípusnál a vizsgálandó rezgési módozat előállításához szükséges.

Nagy gépeknél egy rezgető berendezés alkalmazása esetén, hogy a szükséges amplitudót elérhessük, nagy rezgetőerőt kell alkalmaznunk. E nagyobb erő azután helyi alakváltozásokat, sőt sérülést is okozhat a gépen. Ezért egyidejűleg több rezgetőt kell működtetnünk. Az egyszerre dolgozó rezgetők tökéletes és a mérés alatt nem változó szinkronizmusa feltétlenül szükséges, mivel különben a mérést meghamisító, sőt esetleg meghiusító „lebegés” áll elő. A kívánt rezgési módozatok előállítására egy rezgetőberendezés rendszerint egyébként sem elegendő. A csavaró rezgés előidézésére pl. legalább két, egymáshoz képest fázisban  $180^\circ$ -al eltolva működő rezgető szükséges. Ezek szerint a rezgetőberendezések tervezésénél figyelembe veendő szempont a szinkronozás lehetőségének biztosítása is.

A rezgetőberendezés típusának kiválasztásánál először a számbajöhető megoldásokat tekintettük át.

#### a) Tehetetlenségi rezgető

Ez a fejlődés során legelőször használt rezgető típus. Lényegében két egyenlő, egymással fogaskerék-kapcsolatban levő tárcsa, amelyen egymáshoz képest



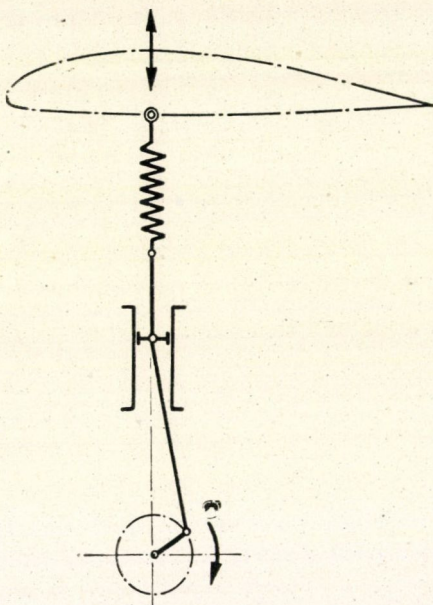
6. ábra

szimmetrikus kiegyenlítetlen súlyok vannak elhelyezve. Forgásnál a centrifugális erők szimmetria síkba eső komponensei összeadódnak, a rá merőleges komponensek pedig megsemmisítik egymást. (6. ábra.) Ily módon sinus törvény szerint

változó erőt kaphatunk a szimmetria tengely irányában. A szükséges frekvencia-változtatást a hajtómotor fordulatszámának módosításával érhetjük el. E megoldás kb. 100 Hz-ig használható. Hátránya, hogy a vizsgált géprészre rá kell erősíteni és így súlyával a kialakuló rezgési módozatot befolyásolja, továbbá, hogy kisebb frekvenciáknál a függőleges rezgetés esetében a nehézségi erő a rezgető sinusos változását torzítja.

#### b) Rúgós rezgető

E rezgető fajtánál a rezgőmozgást egy forgattyús hajtómű keresztfeje szolgáltatja. A keresztfejet azonban nem mereven, hanem egy erős rúgó közbeiktatásával kötjük a vizsgált repülőgéprészhez (7. ábra). A rezgési frekvencia



7. ábra

változtatását a hajtómotor fordulatszámának változtatásával érhetjük el. A forgattyús hajtómű ismeretes törvényszerűségei kis frekvenciánál a tiszta sinusos mozgáshoz képest torzítást okozhatnak.

#### c) Lengőtekercses elektromos rezgető

E berendezés felépítésében lényegileg az ismert dinamikus hangszóró szerkezetéhez hasonló. Egy körhenger alakú tekercs, erős, a tekercs tengelyére merőleges állandó mágneses térben helyezkedik el. Ha a tekercsbe váltóáramot vezetünk, váltakozó tengelyirányú rezgetőerőt kapunk. A tekercsbe táplált váltóáramot kis frekvenciák esetén forgógép, nagyobb frekvenciáknál pedig

hanggenerátorból táplált erősítő szolgáltatja. Ha a tekercsen átfolyó áram sinusos, a rezgetőerő is sinusosan változó lesz.

E rezgető típus legnagyobb előnye, a már fent említett tökéletes szinkronizációs lehetőség, mind az azonos, mind a  $180^\circ$ -kal elforgatott fázissal járó rezgetők esetén. Igen kedvező továbbá a frekvencia tág változtatásának lehetősége is, azonkívül, hogy a berendezés súlya a vizsgált géprészre nem adódik át, így a rezgési módozatot nem befolyásolja.

A tehetetlenségi, ill. rúgós rezgetőknél igen nagy problémát jelentene a hajtómotorok szinkronizálása.

Indokoltnak látszik fentiek szerint az a feltevés, hogy a jövőben a különböző rezgetőberendezések közül az elektromos rendszerű fogja jelenteni a korszerű megoldást, ezért kutatásainkhoz e típus megtervezését és elkészítését határoztuk el.

#### IV. Az elektromos rezgetőberendezés méretezési elve

Az általunk tervezett és a laboratóriumunkban elkészített elektromos rezgető felépítését a mellékelt 8. sz. rajzon és a 9., 10., 11. sz. fényképeken láthatjuk.

A berendezés főbb részei :

1. Lágyvasmag.
2. Lágyvasfedél.
3. Lágyvasköpeny.
4. Lágyvastárcsa.
5. Gerjesztőtekercs.
6. Lengőtekercs.
7. Mozgatórúd.
8. Visszatérítő rúgók.

Hogy a rezgetőerő irányát változtathassuk, a berendezést megfelelő állványban helyeztük el.

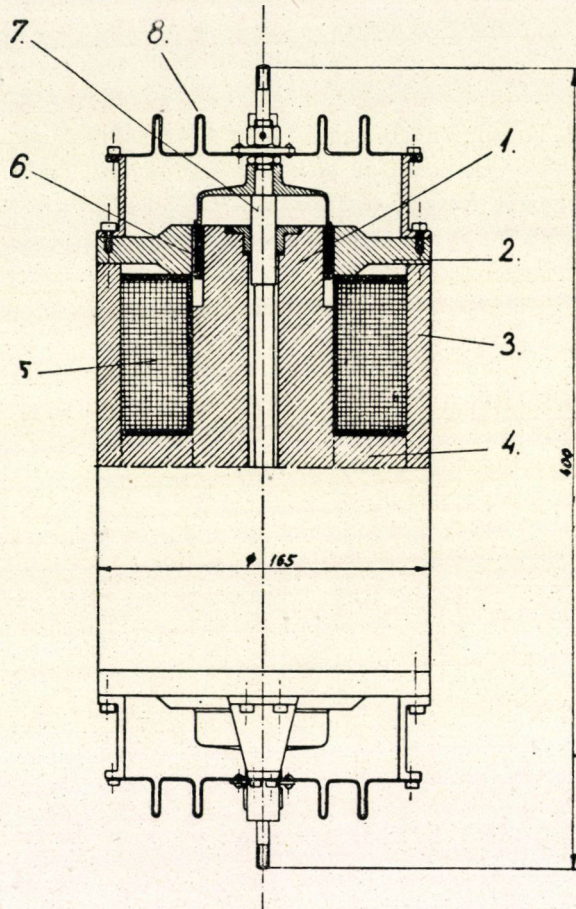
Rezgetőberendezésünk teljesen szimmetrikus építésű, lényegében két rezgetőből áll. E megoldás előnyei :

- a) a szerkezet nem túlságosan érzékeny a központosítási hibákra ;
- b) a gerjesztésben jelentkező ingadozások kedvező esetben kiküszöbölődnek ;
- c) a készülék kétszerakkora rezgetőerőt fejt ki, mint az egyszerű rezgető.

A 4. jelű tárcsa méretezésénél feltételeztük, hogy a kapcsolástól függően a két gerjesztőtekercs által létrehozott fluxusnak összege, illetve különbsége vehető figyelembe. Teljes szimmetria esetén a két fluxus különbsége zérus,

tehát a tárcsa el is maradhatna, mivel azonban a vasmag mechanikai vezetése miatt e részre amúgy is szükség van, célszerű biztosítani a tetszés szerinti kapcsolás lehetőségét, így a méretezésnél a két fluxus összegét vettük figyelembe.

A mágneses kör méretezésénél a maximális fluxust a legszűkebb keresztmetszetben megengedhető maximális indukció határozza meg. Különleges,



8. ábra

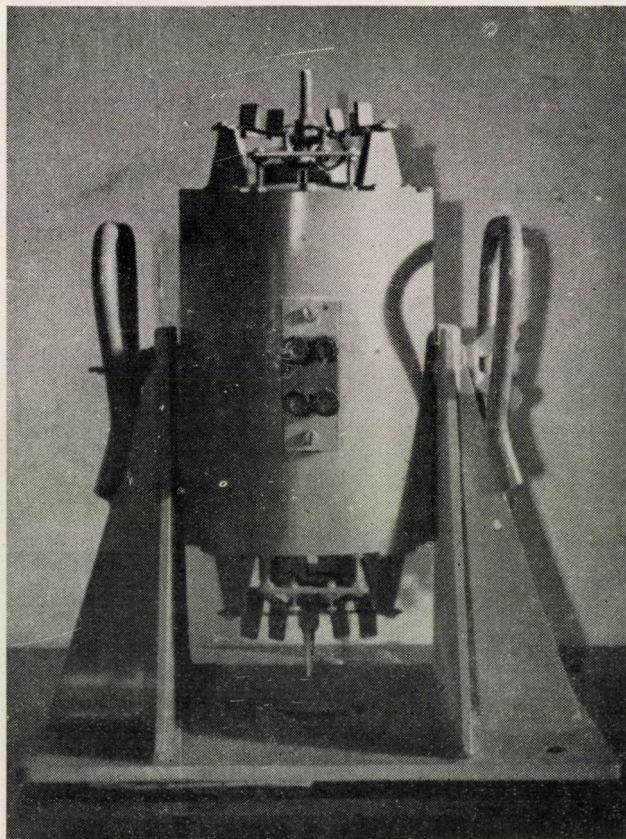
anyag nehezen lett volna beszerezhető, de alkalmazása nem is indokolt, tekintve, hogy a rezgető földi üzeménél a súlycsökkentésnek nincs nagy jelentősége.

A rezgető lágyvas alkatrészei közönséges kereskedelmi lágyvasból készültek. Az anyag pontos mágneses sajátságai nem voltak ismeretesek, a méretezést átlagértékek alapján végeztük el és tartalék amper-menetekről is gondoskodtunk.

A méretezés úgy történt, hogy a rezgetőt egyszerű elemekre bontottuk fel, amelyek mentén a mágneses potenciál könnyen számítható volt.

A fedél, ill. tárcsa számításánál a mágneses indukció grafikus integrálás útján meghatározható volt, a vasmag, ill. köpenynél a mágneses mező homogén lévén, a mágneses indukciót állandónak vehettük fel. A légrésnél szintén homogén mágneses mezőt tételeztünk fel.

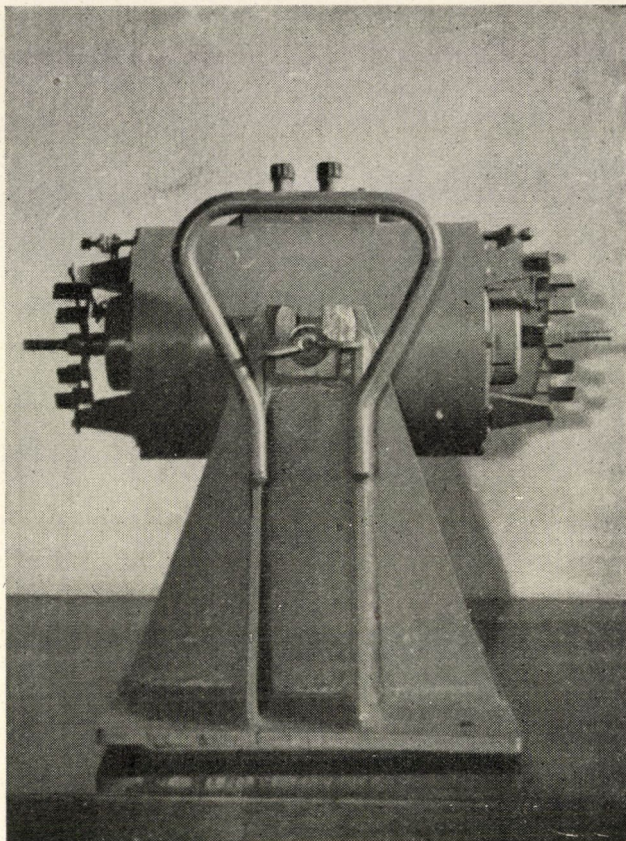
Az összes szükséges gerjesztő ampermenetszámot (A) az egyes rész-mágneses feszültségek összegeként kaptuk.



9. ábra

A gerjesztőtekercecset sorba kötve,  $2 \times 110$  V egyenáramú hálózatról tápláltuk. Hogy a rezgető rövid ideig túlterhelhető legyen, rendes üzemben a gerjesztőtekercecsekkel szabályozó ellenállást kötöttünk sorba, illetve kisebb teljesítménynél csak 110 V-ról tápláltunk.

A tápfeszültség ismeretében a gerjesztéshez szükséges menetszám ( $n$ ) a következő összefüggések felhasználásával volt számítható :



10. ábra

$$n \cdot I = A$$

$$R = \rho \cdot \frac{l}{q} = \frac{U}{I}$$

$$l = l_k \cdot n$$

$$\sigma = \frac{I}{q}$$

ahol:

$I$  a gerjesztő áramerősség,

$U$  a hálózati gerjesztő feszültség (a szabályozás lehetőségének biztosítása miatt egy gerjesztőtekercsre jut 90 V),

$R$  a gerjesztőtekercs ellenállása,

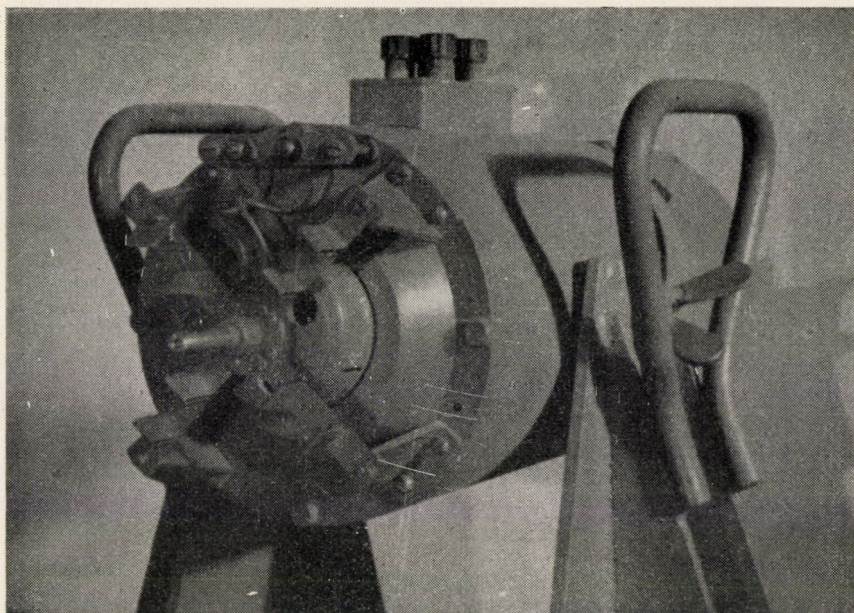
$\rho$  a vezeték (réz) fajlagos ellenállása,

$q$  a vezeték keresztmetszete,

$l$  a vezeték hossza,

$l_k$  a közepes menethossz,

$\sigma$  az áramsűrűség.



11. ábra

A fenti egyenletekből :

$$n = \frac{U}{\varrho \cdot l_k \cdot \sigma} \quad (1)$$

A menetszám és a szükséges gerjesztő ampermenet ismeretében számítható az áramerősség :

$$I = \frac{(n I)}{n} \quad (2)$$

és meghatározható a gerjesztőtekercs vezetékének keresztmetszete :

$$q = \frac{I}{\sigma} \quad (3)$$

A lengőtekercs méretezésénél figyelembe vettük, hogy a mágneses térben levő vezetőre ható erőt ( $P$ ) a

$$\int_0^l \vec{dP} = \int_0^l \vec{i} \times \vec{B} \cdot dl \quad \text{összefüggés fejezi ki,}$$

ahol :

- $\vec{i}$  az áramerősség vektora,
- $\vec{B}$  a mágneses indukció vektora,
- $l$  a vezető teljes hossza.

Jelen esetben, mivel az áram merőleges a mágneses erővonalakra, a vektoriális szorzat helyett az abszolút értékekkel számolhatunk.

$$P_{Newton} = B_{Weber/m^2} \cdot IA \cdot lm, \text{ illetőleg:}$$

$$P_{kg} = \frac{B_{Weber/m^2} IA \cdot lm \cdot n}{9,81}. \quad (4)$$

Itt

$P$  a lengőtekercsre ható erő kg-ban,  
 $B$  a mágneses indukció Weber/m<sup>2</sup>-ben,  
 $I$  a lengőtekercsben folyó áram erőssége Amper-ben,  
 $l$  egy menet hossza a mágneses térben,  
 $n$  a menetszám.

A vonatkozó szakirodalom általában a  $\frac{P}{I}$  értéket adja meg. A (4). egyenletből:

$$\frac{P}{I} = \frac{B \cdot l \cdot n}{9,81}. \quad (5)$$

A lengőtekercsben mozgás közben ellenelektromos erő ( $E$ ) indukálódik, ezáltal csökken a lengőtekercsben folyó áramerősség és így az általa kifejtett erő is.

Az indukált ellenelektromos erőt az

$$E = B_{Weber/m^2} \cdot lm \cdot v_{m/mp} \cdot n \quad (6)$$

összefüggés adja, ahol

$l$  egy menet hossza,  
 $v$  a tekercs tengelyirányú sebessége.

A (6). egyenletből

$$\frac{E}{v} = B \cdot l \cdot n \quad (7)$$

ezt az (5). egyenlettel összevetve:

$$\frac{E}{v} = \frac{P}{I} \cdot 9,81. \quad (8)$$

Tehát minél nagyobb az egy Amper-áram által előidézett erő, annál nagyobb lesz, adott sebesség esetén, az indukált ellenelektromotoros erő.

### V. Az elektromos rezgető mozgásegységei

A mozgásegységeket az alábbi feltevések figyelembe vételével írtuk fel:

1. A mozgató és a mozgatott rendszer merev egységet képez. (A rendszernek egy szabadsági foka van.)
2. A tengelyirányban rúgóerő működik és a rúgóállandó konstans ( $S$ ).



3. Az ellenállás, mely a mozgást gátolja, arányos a  $\dot{\xi}$  sebességgel ( $\xi$  az elmozdulás).

4. A tekercs és a gerjesztőmágnes között sem kölcsönös indukció, sem kapacitás nincs (csak a statikus mágneses teret vesszük figyelembe).

5. A sugárirányú mágneses tér a légrésemben állandó és a lengőtekercs árama nem befolyásolja.

A lengőtekercset elektroncsöves erősítő kimenő transzformátorának szekunder oldaláról, vagy külön generátorról tápláljuk. A transzformátor megakadályozza, hogy statikus eltérítést előidézõ egyenáram haladjon át a tekercsen.

A rezgő mozgása az alábbi egyenlettel jellemezhető :

$$m \cdot \frac{d^2 \xi}{dt^2} + r_e \cdot \frac{d \xi}{dt} + S \cdot \xi = C \cdot I, \quad (1)$$

ahol :

$m$  a rezgő rendszer tömege, (a rezgő tengelyére vonatkoztatott hatá-  
sos tömeg),

$\xi$  az elmozdulás,

$r_e$  a mechanikai ellenállás arányossági tényezője,

$C$  az egységnyi áram által előidézett erő (Newtonban), illetve az egységnyi  
sebesség által előidézett feszültség,

$S$  a rúgóállandó.

$$C = 2\pi \cdot r \cdot n \cdot B_{rés}$$

itt :

$r$  a lengőtekercs közepes sugara,

$n$  a lengőtekercs menetszáma,

$B_{rés}$  a légrésemben levő mágneses indukció.

A körre felírt Kirchoff-törvény :

$$L \cdot \frac{dI}{dt} + R \cdot I + C \cdot \frac{d\xi}{dt} = E \quad (2)$$

ebben az egyenletben :

$L$  a lengőtekercs induktivitása és

$R$  az ellenállása.

Írható :

$$E = E_0 \cdot e^{j \cdot \omega t}$$

$$I = I_0 \cdot e^{j \cdot \omega t}$$

$$\xi = \xi_0 \cdot e^{j \cdot \omega t}$$

ahol  $j = \sqrt{-1}$  Az (1), ill. (2). egyenletbe behelyettesítve :

$$\begin{aligned} -m \cdot \omega^2 \cdot \xi_0 + j \cdot r_e \cdot \omega \cdot \xi_0 + S \cdot \xi_0 &= C \cdot I_0 \\ j \cdot \omega \cdot L \cdot I_0 + R \cdot I_0 + j \cdot C \cdot \omega \xi_0 &= E_0, \end{aligned}$$

innen :

$$\xi_0 = \frac{C \cdot I_0}{(S - m \cdot \omega^2) - j \cdot \omega \cdot r_e}$$

$$E_0 = I_0 \cdot \left[ R - j \cdot \omega \cdot L + \frac{C^2}{r_e + j \left( \omega \cdot m - \frac{S}{\omega} \right)} \right]$$

A kör elektromos impedanciája :

$$Z = \frac{E_0}{I_0} = R - j \cdot \omega \cdot L + C^2 \cdot \frac{r_e - j \cdot \left( \omega \cdot m - \frac{S}{\omega} \right)}{r_e^2 + \left( \omega \cdot m - \frac{S}{\omega} \right)^2}$$

A

$$C^2 \cdot \frac{r_e - j \left( \omega \cdot m - \frac{S}{\omega} \right)}{r_e^2 + \left( \omega \cdot m - \frac{S}{\omega} \right)^2}$$

tag a mozgás folytán ébredő ellenelektromos erő hatását, mint járulékos ellenállást fejezi ki. Valós és képzetes részre bontva, a valós rész  $R_m$ -el, a képzetes rész  $L_m$ -el jelölhető :

$$Z = R - R_m - j \cdot \omega \cdot (L + L_m),$$

ahol  $R_m$  és  $L_m$  a mozgásból eredő elektromos ellenállás és induktivitás :

$$R_m = \frac{r_e \cdot C^2}{r_e^2 + \left( \omega \cdot m - \frac{S}{\omega} \right)^2}$$

$$L_m = \frac{\left( \frac{S}{\omega^2} - m \right) \cdot C^2}{r_e^2 + \left( m \cdot \omega - \frac{S}{\omega} \right)^2}.$$

A mozgásból eredő induktivitás lehet pozitív, negatív, vagy zérus, a tömeg és a rúgóállandó viszonya szerint.

A rezgő rendszer frekvenciája a fenti egyenletekből láthatóan áramméréssel is meghatározható. Rezonancia esetén ugyanis  $R_m$  maximuma miatt a lengőtekeresen átfolyó áram minimum.

A rezonancia állapotát  $\xi_0$  maximuma jellemzi. Mivel a rezgető rúgóállandója és a lengőtekeres tömege elhanyagolható a vizsgált repülőgép tömege és rúgóállandója mellett, a mért rezonancia frekvencia a vizsgált repülőgépre jellemző.

Mint láttuk

$$\xi_0 = \frac{C \cdot I_0}{(S - m \cdot \omega^2) - j \cdot \omega \cdot r_e}$$

legnagyobb értéket akkor veszi fel, ha a nevező a legkisebb. Ez az eset, ha a  $j \cdot \omega \cdot r_e$ -t elhanyagoljuk, az  $S - m \cdot \omega^2 = 0$  feltétel mellett következik be.

Innen :

$$\omega = \sqrt{\frac{S}{m}}$$

$$2\pi \cdot \nu = \sqrt{\frac{S}{m}}$$

$$\nu = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{S}{m}},$$

ahol  $\nu$  a rezonancia frekvencia.

A mozgásból eredő ohmos ellenállás rezonancia esetén :

$$R_{m \text{ rez.}} = \frac{r_e \cdot C^2}{r_e^2} = \frac{C^2}{r_e}.$$

Ugyanakkor a mozgásból eredő inductívitás :

$$L_{m \text{ rez.}} = 0.$$

Ha feltesszük, hogy a csillapítás igen kicsi,  $r_e$  a zérushoz közeledik :

$$R_{m \text{ rez.}} = \frac{C^2}{r_e} \rightarrow \infty.$$

Tehát rezonancia esetén a megnövekedett ellenállás miatt csak kis áram folyhat a tekercsen át.

Rezonancia tehát ott van, ahol állandó elektromotoros erő esetén a tekercs áramfelvétele minimum.

### VI. Összefoglalás

Az elektromos rezgető berendezés elkészítése után a Repülőgépek Tan-székének laboratóriumában megkezdtük a rezgetési kísérletek összeállítását és a rezgési vizsgálatok végrehajtásának tanulmányozását. A 12. sz. fényképen egy vitorlázó repülőgép szárnyának, ill. csűrőkormányának rezgési vizsgálatát láthatjuk.

A fényképen »a«-val jelölt vizsgálandó szárnyfelet a szárnytővasalásnál megfogva, a laboratóriumi törőállványunk (»b«) segítségével, mint szabadon-hordó szárnyat erősítettük fel.

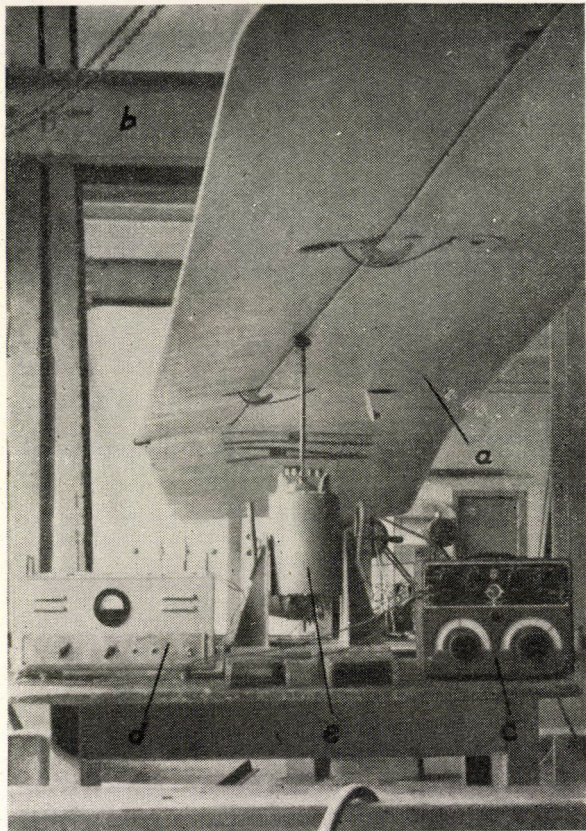
A rezgetőberendezés és tartozékai a szárny alatt láthatók. Az »e« jelű rezgetőnk lengő tekercsét a »d« jelű Rafilm 100-as erősítő kimenő transzformátoráról tápláltuk. Az erősítőt a »c« jelű Philips-hanggenerátorral vezéreltük. A rezgetőre jutó teljesítmény szabályozható volt.

Az erősítő teljesítménye 50 Hz alatt már csökken, 20 Hz-nél kisebb frekvenciák esetében pedig már sem az erősítő, sem a hanggenerátor nem működik használhatóan.

Mivel a vizsgálatok legnagyobb része éppen a 10 Hz körüli, vagy annál kisebb frekvenciasávban végzendő, tervbevettük egy különleges, nagyteljesít-

ményű, 0—50 Hz-ig dolgozó és e sávon belül szabályozható frekvenciájú generátor elkészítését.

Ezenkívül, hogy az egyidejűleg több helyen történő megrezgetést meg tudjuk valósítani, ill. hogy csavaró lengéseket is tudjunk előállítani, az előzetes kísérletek során jól beváltak mutatkozó saját tervezésű és kivitelezésű —



12. ábra

a fentiekben leírt — elektromos rezgetőberendezés két további példányát is el akarjuk készíteni.

Eddigi munkánkat az a nagymértékű gondoskodás tette lehetővé, amellyel a Magyar Tudományos Akadémia a tanszékek munkáját, így a Műszaki Egyetem Repülőgépek Tanszékének kutatóprogramját is, támogatta. A további kísérleteket és méréseket azzal a célkitűzéssel folytatjuk, hogy eredményeink mielőbb a repüléstudomány és ezen keresztül az egész repülés fejlődését szolgálják.

Budapest, 1951. július hó.

# FELHAJTÓERŐ ÉS ELLENÁLLÁSMÉRÉSEK KIS REYNOLDS SZÁMNÁL

BLAHÓ MIKLÓS

Beérkezett: 1951 augusztus 8.

## Bevezetés

Légáramlások esetében, mint ismeretes, az áramforma kialakulását rendszerint a tehetetlenségi erők és a súrlódó erők viszonya, a Reynolds szám

$$\frac{T}{S} = R_z = \frac{v_\infty h}{\nu}$$

dönti el, ahol  $v_\infty$  az áramlás sebessége,  $h$  az áramlásba helyezett test jellemző mérete,  $\nu$  pedig a levegő kinematikai nyúlóssága.

Egy vitorlázó repülőgépnél például a szárnymélység  $h = 1,2$  m, a sebesség  $v_\infty = 60$  km/ó = 16,6 m/mp,  $\nu = 14 \cdot 10^{-6}$ , tehát a Reynolds szám  $R = 1,380\,000$ .

Ennél lényegesen kisebb Reynolds számok repülőgépszárny esetében nem igen fordulnak elő és ennek megfelelően a szélesatornában történő szárnyméréseket is igyekeznek ehhez hasonló Reynolds szám mellett mérni. Vannak azonban esetek, amikor kisebb Reynolds szám mellett is érdekelne bennünket egy szárnyon keletkező felhajtóerő és ellenállás. Ilyen esetek például: 1. a modell repülőgépekre ható erők; 2. a szélesatorna kísérletezés közben a kicsinyített kismintán keletkező erők, melyekből a nagy méretre lehet következtetni; 3. a szárnylapátos szellőzők (ventilátorok) lapátjain keletkező erők.

Egy ventilátor kerületi sebessége pl. 80 m/mp. A lapát szélessége 15 cm, akkor a Reynolds szám

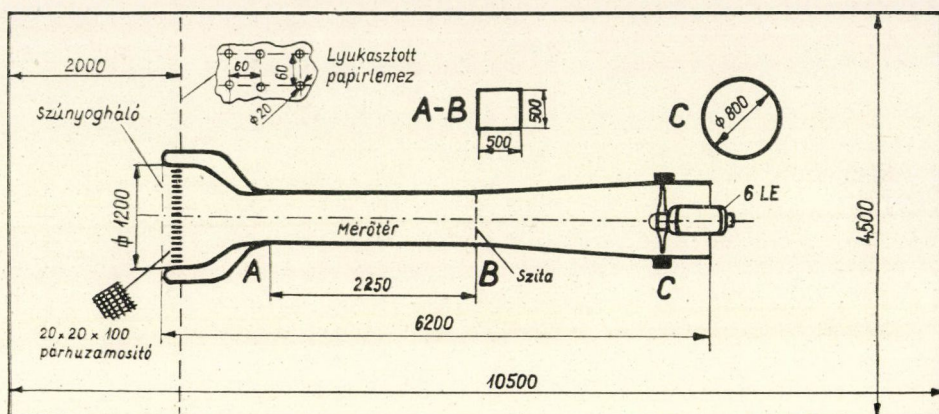
$$R_c = \frac{80 \cdot 0,15}{14 \cdot 10^{-6}} = 860\,000.$$

Ez nagyjából a ventilátoroknál előforduló felső határt jelenti, azok többnyire ennél sokkal kisebb értéknél működnek. Ha pl. a kerületi sebesség 40 m/mp, az agynál csak kb. 20 m/mp, lapát szélesség 5 cm, akkor a Reynolds szám csak kb. 70 000. Lényeges hibát követhetünk el a ventilátor tervezésénél, ha ilyen kis Reynolds számok esetében az áramlástani intézetek által nagyobb Reynolds számok mellett végzett mérések eredményeiből indulunk ki.

E kérdések tisztázása érdekében a Budapesti Műszaki Egyetem Aerodinamikai Tanszékén kísérleti berendezést készítettünk el, felhajtóerő, ellenállás és bőlöntőnyomatéknak kis (20 000—150 000) Reynolds számok mellett való mérésére.

## Szélszatorna

A méréseket az Aerodinamikai Tanszék vízszintes beszívó csatornájában végeztük (1. ábra). A csatorna  $50 \times 50$  cm négyzetkeresztmetszetű mérőtérrel rendelkezik és mint beszívó csatornának, a turbulencia foka igen alacsony.



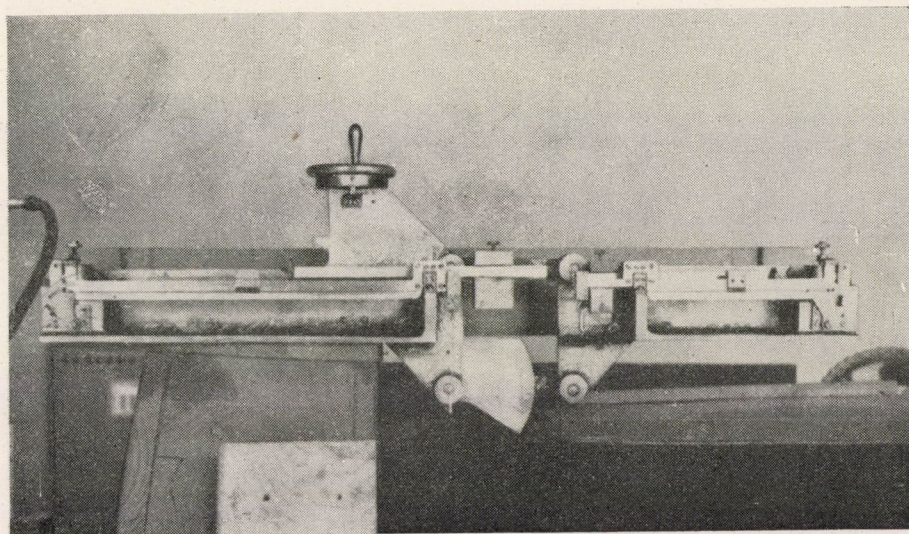
1. ábra

Ez rendkívül előnyös tulajdonság, mert a mérési eredmények így legjobban megközelítik a turbulencia mentesnek tekinthető szabad levegőben kialakuló viszonyokat. A turbulencia hatását pedig célszerű a Reynolds szám változástól függetlenül vizsgálni.

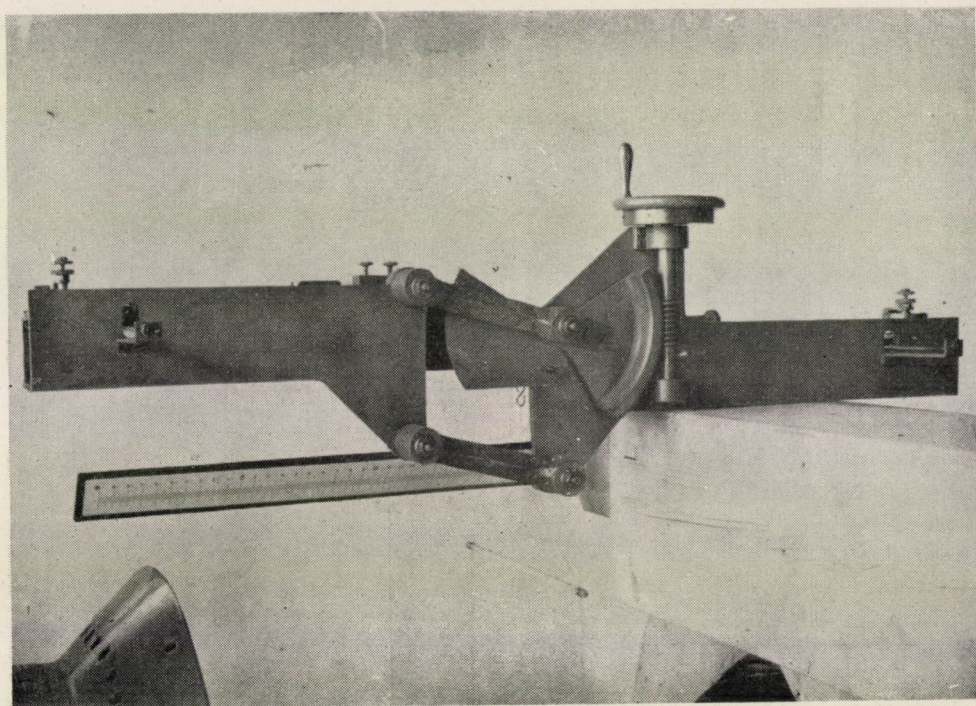
## Mérleg

A szimmetria-viszonyoknak megfelelően mérendő három komponens (felhajtóerő, ellenállás és bólintónyomaték) 2 db tolösúlyos, ú. n. római mérleg segítségével mértük. (2. ábra). A három pontban megfogott szárnykisminta a két mérlegen függ. A szárny két végén a szárnymélységnek kb.  $\frac{1}{4}$ -ében kiálló csapokról feljövő drótok a szélsugáron kívül egyesülnek és a nagyobbik felhajtóerő-mérleghez futnak, a szárny közepén levő nyomaték karról 10 cm-rel hátrább feljövő drót pedig a hátsó, kisebbik felhajtóerő-mérleghez van erősítve. A kis mérleg a nagyobbikhoz képest körpályán emelhető és súlyozható és ezáltal a kisminta állásszöge változtatható (3. ábra). Az állásszög leolvasása a 4. ábrán látható íven, illetve — a fok törtrészei — a kézi kerék alatt levő körosztáson történik.

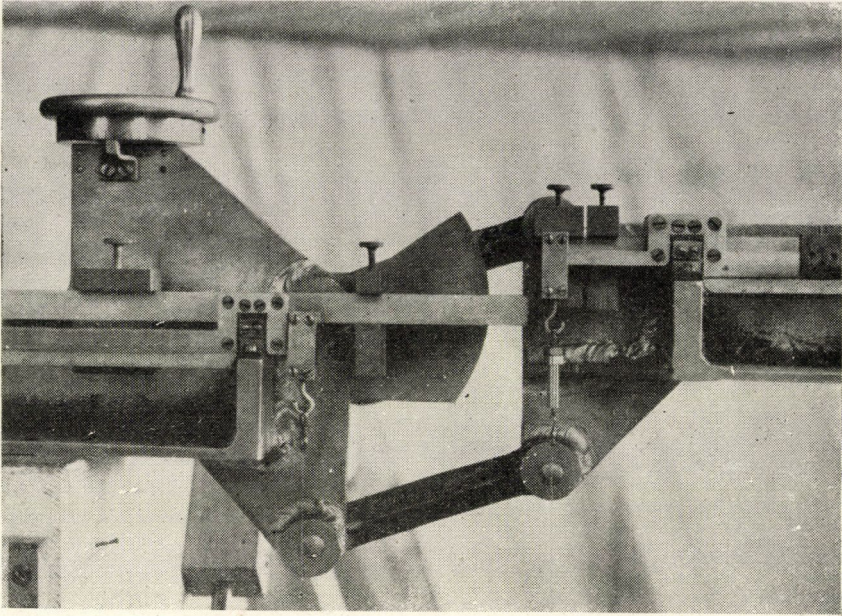
A nagyobbik mérleget az 5. kép mutatja. Elöl látjuk a milliméter beosztással ellátott mérlegkart, rajta a noniuszos tolösúlyt, melyre egy vagy két pótsúly is helyezhető. Hátrább van a mérlegkarral fixen összeerősített ellensúlyvezeték, melyen különböző méretű ellensúlyokkal a mérlegkar, a modell és az előfeszítés súlyát kiegyenlíthetjük.



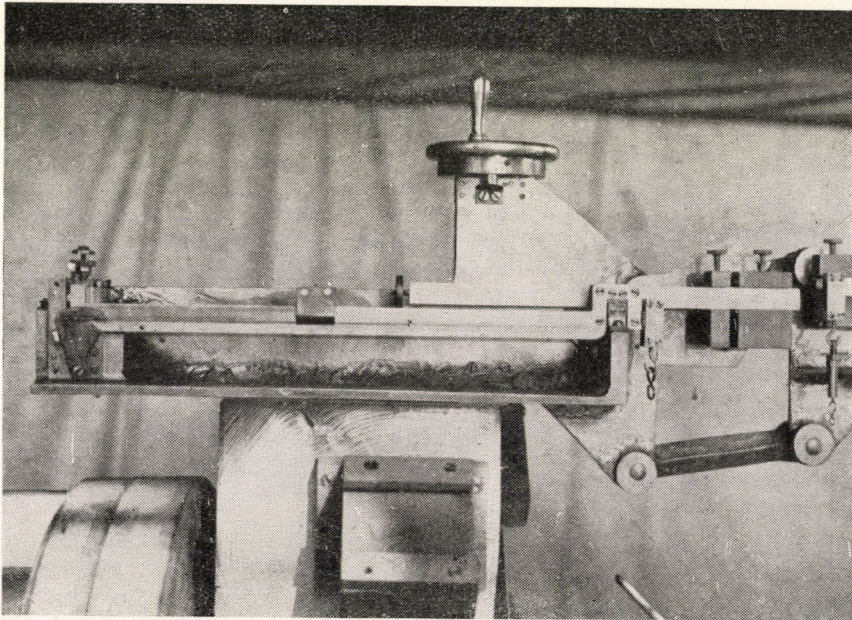
2. ábra



3. ábra



4. ábra



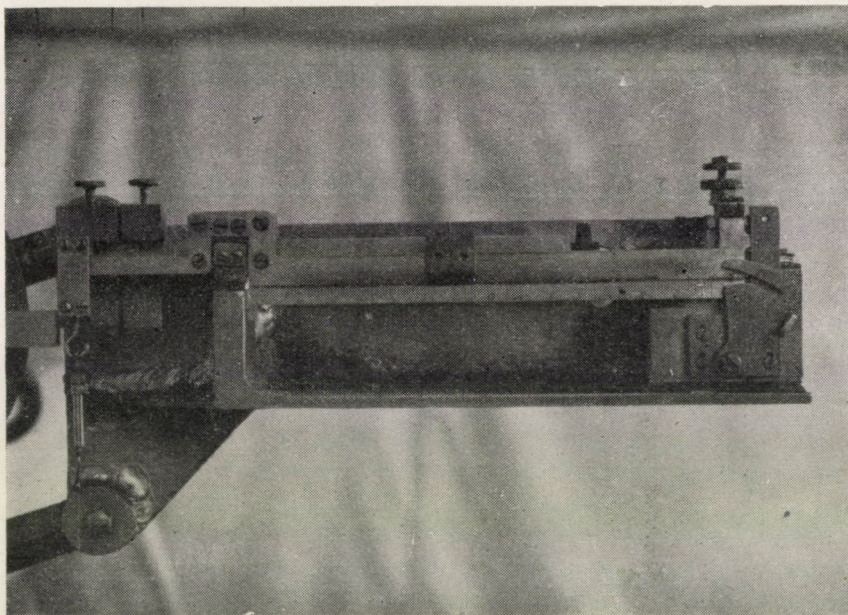
5. ábra



Baloldalt látjuk a vízszintes helyzetet mutató 3—3 vonást, a rögzítő és egyúttal lengéskorlátozó emeltyűt, mögötte pedig a lengéscsillapító olajféket, illetve annak szabályozó csavarjait.

A mérleg mérési határa 900 g, érzékenysége 0,5 g, ami szélerő mérésekor a súrlódás kiküszöbölése folytán még csökken.

A kisebbik mérleget a 6. képen látjuk. Elrendezése a nagyobbikéval azonos, tükörképben elhelyezve, de a »teher« karja hosszabb és így mérési



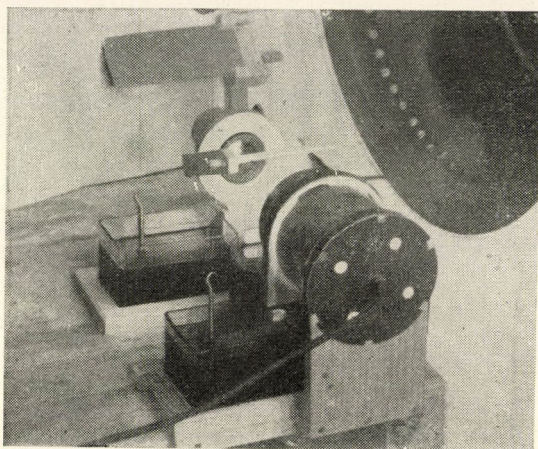
6. ábra

határa kisebb: 150 g, érzékenysége 0,2 g. Az ezen a mérlegen mért erőnek a két-felfüggesztés távolságával, 10 cm-rel és  $\cos(\alpha - \mu)$ -vel való szorzata adja az első felfüggesztési pontra vonatkozó bólintónyomatékot ( $\alpha$  az állásszög,  $\mu$  a modell beállítási szöge).

Az  $\bar{M}$  erőnek a s: él irányába eső összetevőjét, az ellenállást, a modell elmozdulásából számítjuk ki. Ennek mérésére a hátsó felfüggesztő drótot alul megvilágítjuk (7. kép) és annak árnyékképét egy objektív és két tükör segítségével a 3. képen látható skálára vetítjük.

Az első és hátsó felfüggesztés egy paralellogramm két szemközi oldalát képezi, tehát mindig párhuzamos és a modellre ható összes erő eredőjének irányába áll be. A modellre ható függőleges erő egyik része a modellnek és az előfeszítésnek a súlya. Ezt az erőt még a poláris felvétele előtt úgy határozzuk meg, hogy a két mérleget előbb teljesen szabadon kiegyensúlyozzuk és aztán

a modellt és az előfeszítő súlyokat ráakasztva, az összes súlyt pontosan a poláris felvétele alatti súlyelosztásban lemérjük. Ezután a tolósúlyokat ismét 0 helyzetbe hozva, kiegyensúlyozzuk a modellt és az előfeszítés súlyát az ellensúlyokkal, hogy a mérlegekkel most már a modellre ható másik függőleges erőt, a felhajtóerőt mérjük le. A mérleg ékeit természetesen a felfüggesztő drótok elfer-



7. ábra

dülése után is az egész erő terheli, de mivel csak függőleges (súly) erővel ellensúlyozunk és az ékek élei egy vízszintesbe esnek, tehát az erőnek csak függőleges komponensét mérjük. A két függőleges erő összegét szorozva a felfüggesztő drótok és a függőleges által bezárt szög tangensével, kapjuk az ellenállást.

A vízszintes elmozdulások és a felfüggesztő drót hosszának megméréseivel közvetlenül a szög sinusát kapjuk, de mivel a vízszintes elmozdulás max. 5 cm, a felfüggesztő drót hossza kb. 40 cm és így a bezárt szög max.  $7^\circ$ , a sinus és a tangens közti eltérést csak különleges esetben érdemes figyelembe venni.

A vízszintes elmozdulást felnagyítva, 40 cm hosszú skálán 0,5 mm pontosan lehet leolvasni, ami 1,25 ezrelék pontosságnak felel meg. Ezt a pontosságot jól ki lehet használni, egyrészt az előfeszítő súlyok megfelelő megválasztásával, másrészt, mert növekvő felhajtóerő az előfeszítéshez hozzájárulva a vízszintes elmozdulást csökkenti és így a leolvasás pontosságát egyenletesebbé teszi. Negatív állásszögnél a hatás éppen ellentétes, de a negatív felhajtóerő rendszerint kicsi, ha pedig nem, úgy azon a modell átfordításával segíthetünk.

A hátsó (szimmetria-síkban levő) drót kivetítésével a modell két oldalának esetleg különböző elmozdulását máris közepeltük. A hátsó drót 0 helyzetének az állásszöggel  $[1 - \cos(\alpha - \mu)]$ -vel való elmozdulását viszont előzetes mérés alapján könnyű figyelembe venni.

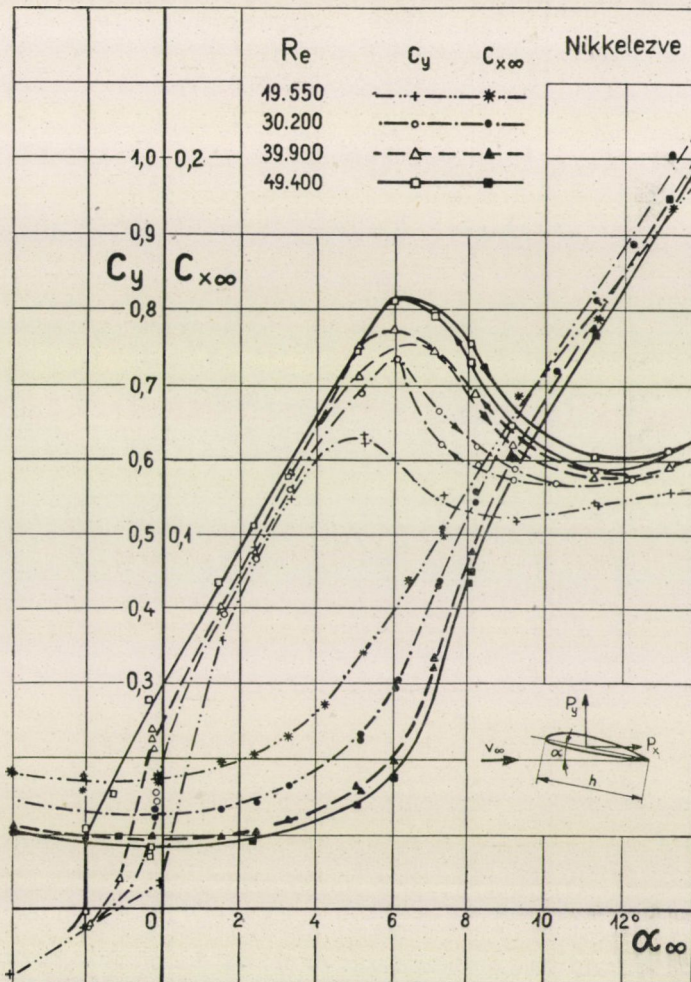
Midhárom felfüggesztő-drót átmérője 0,1 mm. A kivetítő berendezéssel a modell kiakasztása után a hátsó drót ellenállását lehet közvetlenül megmérni.

Ennek ellenállástényezője  $R_e = 140$  és  $R_e = 160$  Reynolds számok között 1,38-nak adódott, ami az eddigi mérésekkel teljesen egyezik. Ezt az ellenállást a szélkeresztmetszetbe eső 3 drót összes dróthosszának arányában megnövelve a modellen mért ellenállásból levontuk. A drót kivetítési helyének és a modell elmozdulásának különbségét előzetes kimérés alapján szintén figyelembe vettük.

Végeredményben a levont drótellenállás a mért szárny minimális ellenállásával egyenlő nagyságrendű volt.

*Kisminta*

A közölt méréseket egy fa és egy fém kismintán végeztük. Mindkettő NACA 23012 metszetű és téglalap alaprajzú volt. A fa kisminta szárny-mélysége 10 cm, szélessége 25 cm volt, körte és diófából rétegezve, fényezett

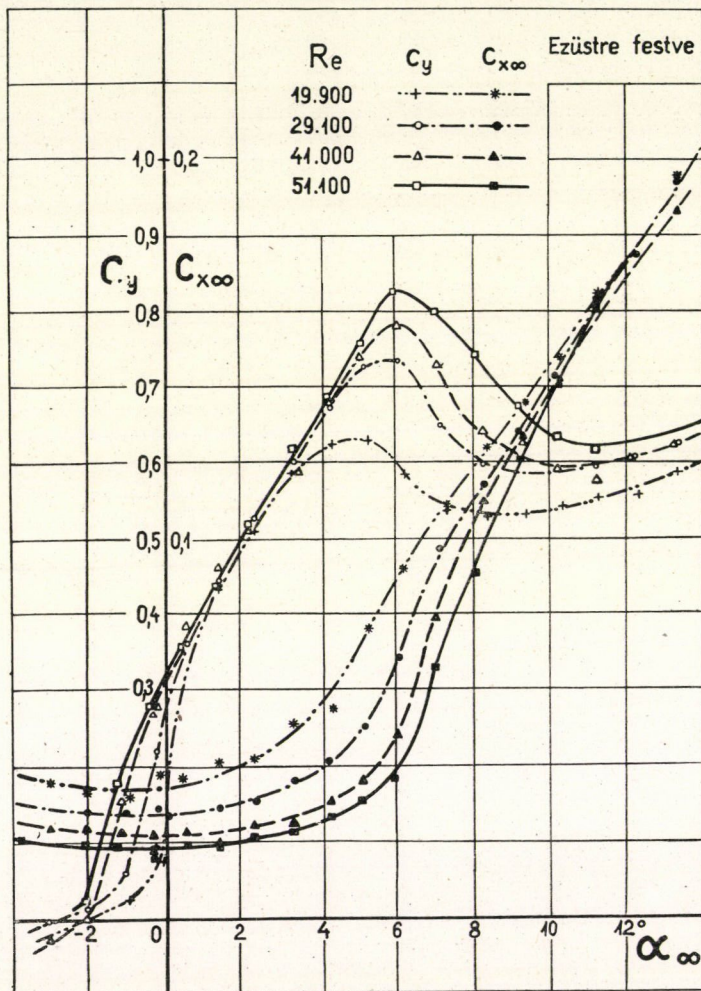


8. ábra

felülettel készült. A fém kisminta szárnymélysége 3 cm, szélessége pedig 35 cm volt. Ebből a kismintából vágtuk ki a 25, illetőleg 15 cm szélességű kismintát a különböző oldalviszony megvalósítása céljából. E kisminta felületét nikkeleztük, egyik esetben pedig ezüstsínű alumíniumfestékkel fújtuk be.

### Eredmények

A 8. ábrán a  $35 \times 3$  cm alapterületű nikkelezett kismintán kialakuló felhajtóerő és ellenállás tényezőjét látjuk az állásszög függvényében, különféle Reynolds számnál végtelen oldalviszonyra átszámítva.\*

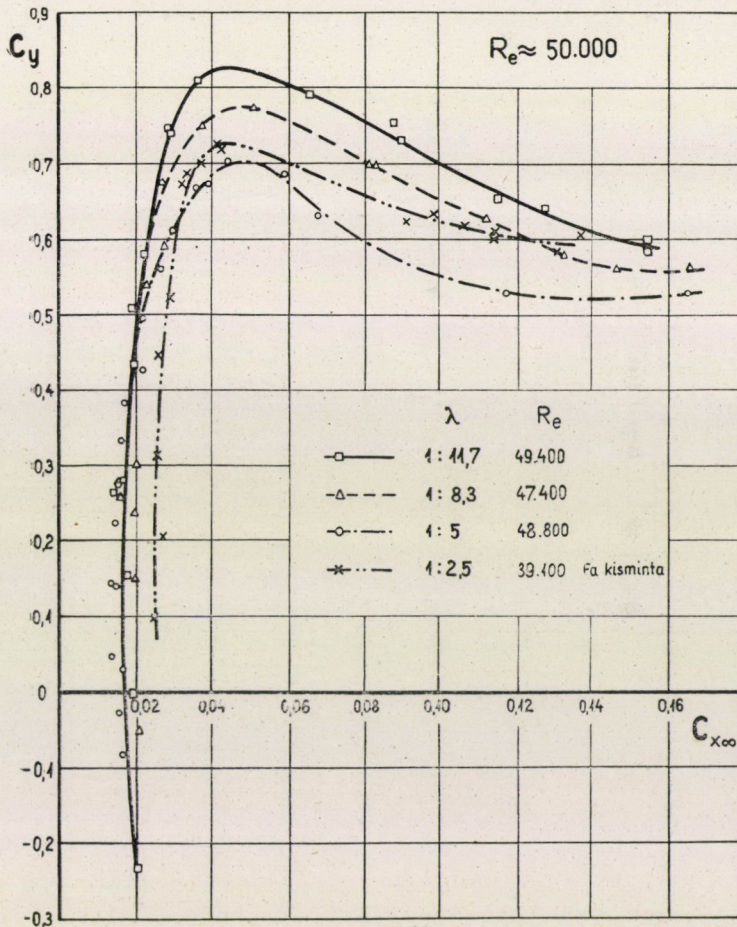


9. ábra

\* A felhajtóerő és ellenállástényező értékeit az irodalomból közismert módon számítottuk ki. A végtelen oldalviszonyra való átszámításhoz Prandtl képletét használtuk, négy-szögletes alapterület figyelembe vételével.

A felhajtóerőtényező görbéiben mind a négy Reynolds szám esetében  $\alpha = 0^\circ$  környékén határozott törést észleltünk. Ennek minden valószínűség szerint részbeni leválás az oka. A felhajtóerőtényező maximális értéke a Reynolds szám növekedésével erősen növekszik. Jól megfigyelhetjük az ellenállástényező csökkenését a Reynolds szám növekedése esetében.

A 9. ábrán az előző ábrán bemutatott mérési eredményeket látjuk a nikkelezett kisminta ezüstre való befestése után. A szárny minimális ellen-

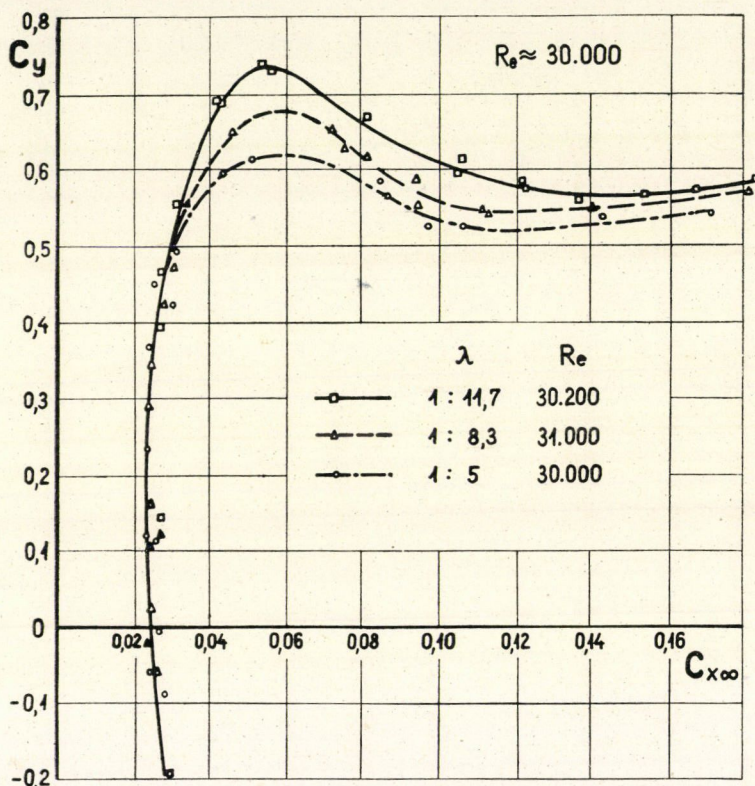


10. ábra

állástényezője a befestés következtében 50 000-es Reynolds szám mellett 0,016-ról, 0,018-ra növekedett. Ennek igazolására az ellenállástényezőt nyom-mérés segítségével is meghatároztuk, melynek eredményéről a Gép című folyóirat 1951. januári számában megjelent cikkünkben számoltunk be. Hasonló növekedést tapasztaltunk kisebb Reynolds számoknál is. A  $c_y$  tényező értékeiben gyakorlatilag nem volt változás, az  $\alpha = 0^\circ$  környékén bekövetkező

törést ismét megtaláljuk. (Az állásszögekben mutatkozó kb.  $0,3^\circ$  eltolódás beállítási eltérés következménye.) A bőlintónyomaték tényezőjét a diagrammokban nem tüntettük fel, mert annak pl. szárnylapátos szellőző esetében nincs jelentősége.

A 10. ábrán poláris diagramm formájában találjuk három különböző oldalviszonyú, nikkelezett szárnyon mért erők tényezőit, végtelen oldal-



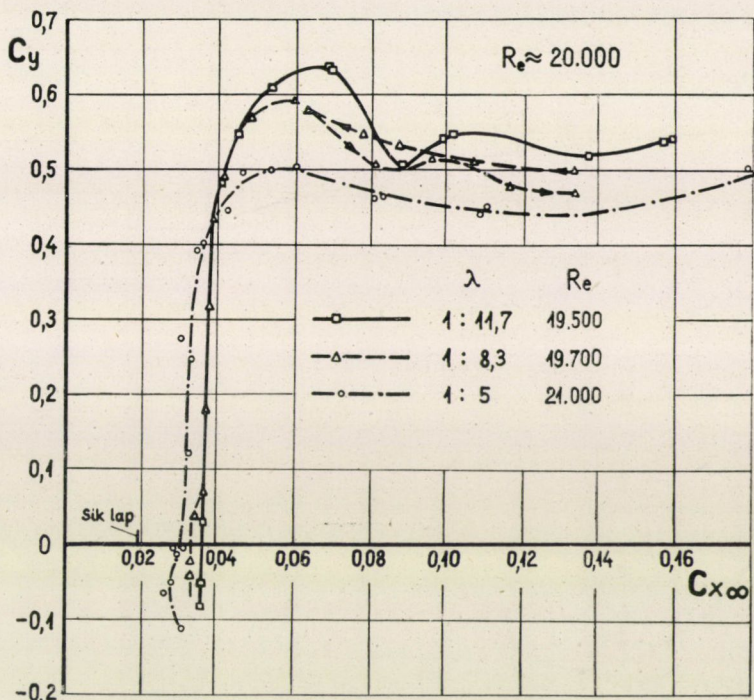
11. ábra

viszonyra átszámítva. A fém kisminta méréséből kapott poláris diagrammok a mérési pontosságon belül egybeesnek. A fa kismintának megfelelő görbe a nagyobb ellenállástényezőnek megfelelően jobbra tolódott, de leválásig a másik görbével párhuzamosan halad.

A felhajtóerő maximuma a jobb oldalviszony esetén ( $\lambda = \frac{h}{b} = \frac{1}{11,7}$ ) lényegesen nagyobb. Ezt az eltérést számszerűen is indokolja az oldalviszony változása. Rövid téglalap szárnynál ugyanis az effektív állásszög közepesen viszonylag nagyobb és így a leválás már kisebb összfelhajtóerőnél megkezdődik. Ez a diagramm  $Re = 50\ 000$  esetre vonatkozik, míg a 11. ábrán  $Re = 30\ 000$ -

nél felvett poláris diagrammokat látjuk. Ennél a Reynolds számnál is megfigyelhetjük, hogy a jobb oldalviszonyú szárny nagyobb  $c_y$  maximumot adott.

A 12. ábrán az előző poláris diagrammokat  $Re = 20\ 000$  esetén találjuk. Az ábrában az  $\frac{1}{5}$  oldalviszonyú szárny általában kisebb ellenállástényezőt mutat, mint a másik kettő, amit a valamivel nagyobb (21 000) Reynolds szám indokol. Feltűnő, hogy egy bizonyos  $c_y$  tartományban az ellenállástényezőknek

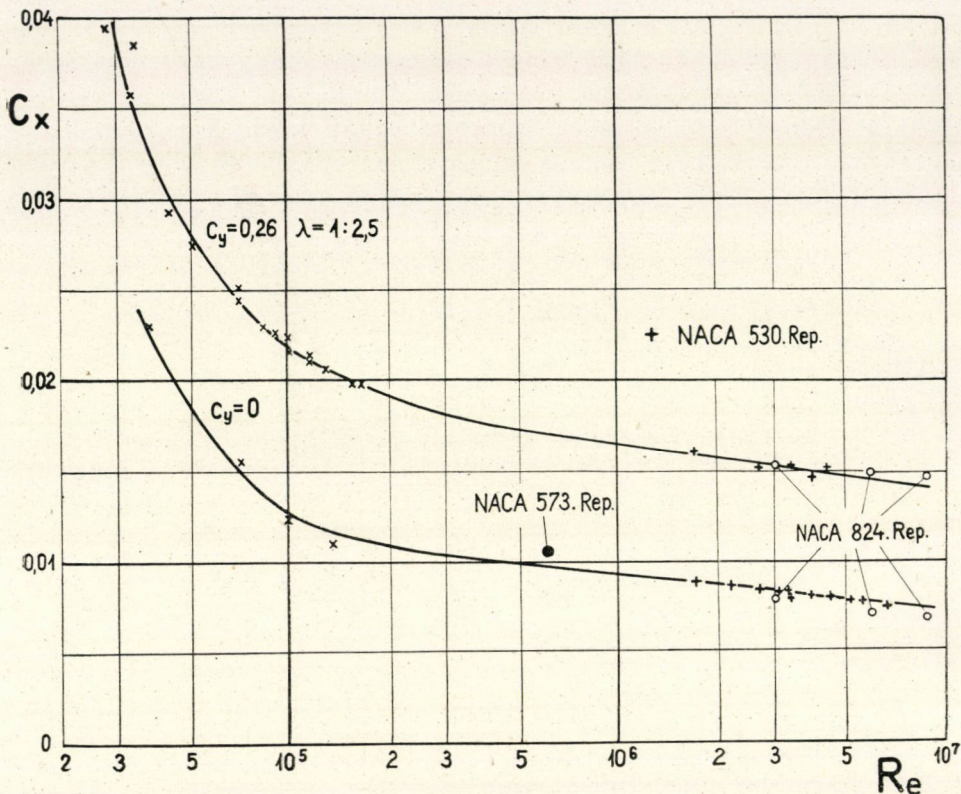


12. ábra

a lamináris metszeteknél ismert leesését tapasztaljuk az  $\frac{1}{8,33}$  és az  $\frac{1}{5}$  oldalviszonyúnál. Ez utóbbi esetben az ellenállástényező a sík lap ellenállástényezőjének ugyanakkora Reynolds számhoz tartozó értékét megközelíti.

Általában megfigyelhető volt, hogy bár a mérési pontok az összekötő görbéhez közel esnek, mégis a rendkívül kis méretek és mérendő erők miatt az eredmények csak kb.  $\pm 10\%$  hibahatáron belül reprodukálhatók. Az ellenállásmérésben lényeges hibát okozhatnak pl. mérés közben a felfüggesztő drótokra rakódó finom szálak, melyek az 0,1 mm átmérőjű drót ellenállástényezőjét erősen megnövelik.

Méréseket végeztünk a fa kisminta egy meghatározott állásszögre való beállítása mellett a Reynolds szám (szélesség) függvényében. Az ellenállástényező változását a 13. ábrán látjuk,  $c_y = 0$  és  $c_y = 0,26$  felhajtóerőtényező



13. ábra

mellett  $\lambda = \frac{1}{2,5}$  oldalviszonynál. A kapott  $c_x$  értékek a Reynolds-szám függvényében közölt NACA mérések folytatását képezik. Az ellenállástényező kb.  $Re = 150\,000$  érték alatt kezd rohamosan növekedni. Ugrásszerű változást sehol sem tapasztaltunk.

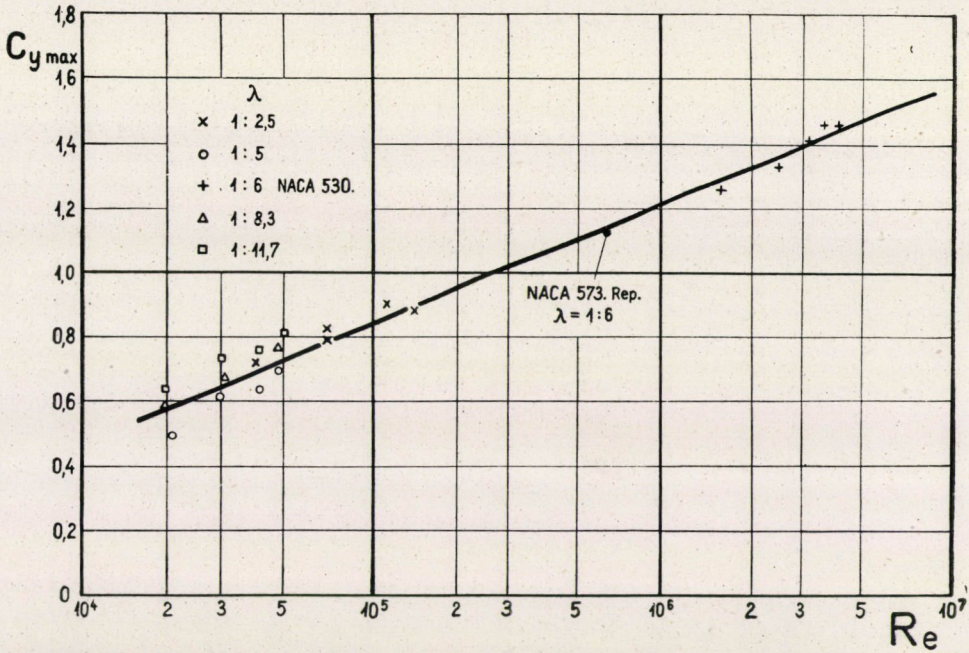
Ugyancsak diagrammba vittük fel a felhajtóerőtényező maximumának értékeit a Reynolds szám függvényében (14. ábra). A hasonló oldalviszonynak megfelelő pontok összekötő egyenese jó folytatását képezi a NACA mérések görbéjének, ami azt bizonyítja, hogy a  $c_{y\max}$  értékek a Reynolds szám logaritmusának függvényében a diagrammon feltüntetett tartományban első közeletben lineárisan változnak.

#### Összefoglalás

1.  $Re = 20\,000$ -nél  $c_y = -0,1$  és  $+0,05$  között egyes esetekben az ellenállástényezőnek lamináris profiloknál ismert leesését tapasztaltuk.

2. Az ellenállástényező a Reynolds szám csökkenése esetén növekszik, mégpedig  $Re = 150\,000$ -tól kezdve egyre rohamosabban. Ugrásszerű változást nem észleltünk.





14. ábra

3. A felhajtóerőtényező maximális értéke  $R_e = 20\,000$  és  $R_e = 6\,000\,000$  között a Reynolds szám logaritmusának függvényében 0,57-től 1,5-ig első közelítésben lineárisan növekszik.

Óvatosan kell tehát eljárni a ventilátorlapátok  $c_y$  értékeinek megválasztásánál, mert a 14. ábrában előforduló értékeket a rácshatás még csökkenti. A diagramm tájékoztatást ad más szárnymetszetek  $c_{y,max}$  értékeinek a kisebb Reynolds számoknál bekövetkező csökkenésére is.



# HANGSEBESSÉGŰ BESZÍVÓ SZÉLCSATORNÁK

LITVAI ELEMÉR

Beérkezett: 1951 szeptember 10.

## Bevezetés

A hang terjedési sebességével egyenlő nagyságrendű sebességgel bíró áramlások kísérleti vizsgálata a korszerű aerodinamika fontos feladata. Az itt fellépő problémák és nehézségek sok tekintetben lényegesen különböznek a kis sebességekkel való kísérletezés esetén fellépőktől, s számos új megoldandó probléma és legyőzendő nehézség is merül fel.

Az ú. n. hangsebességű szélcsatornák legszembeütőbb sajátja az, hogy a mérőtér keresztmetszeti felületének egységére eső teljesítményszükséglet sokszorososa a kis sebességű szélcsatornák üzemeltetéséhez szükséges fajlagos teljesítménynek. Jó képet ad erről az alábbi két számadat :

A visszatérő áramú, zárt mérőtérű, kb. 0,2-szeres hangsebességet elérő szélcsatornák fajlagos teljesítménye átlagosan  $N/F = 200 \text{ LE}/m^2$ . Ugyanakkor pl. a zürichi, ugyancsak visszatérő áramú kétszeres hangsebességet elérő szélcsatorna fajlagos teljesítménye  $N/F = 5620 \text{ LE}/m^2$ . [1]\*

A fajlagos teljesítmény egymagában természetesen még nem jellemző egy szélcsatornára, de a közölt példából hozzávetőleges képet kaphatunk arról, hogy milyen rendkívüli nagy teljesítmények szükségesek egy nagyobb méretű hangsebességű szélcsatorna üzemeltetéséhez. A nagy teljesítmény költséges gépi berendezést igényel, amelynek kihasználása a kísérleti üzem természetéből kifolyólag rossz. A szükséges teljesítmény a mérőtér keresztmetszetének csökkentésével s a szélcsatorna evakuálásával csak bizonyos határig csökkenthető, mert ilyen körülmények között a mérés egyre körülményesebb lesz és a Reynolds-szám is csökken.

A szélcsatorna üzemének energiatárolással megvalósítható szakaszossá tétele ellenben elfogadható viszonyokat teremt. Az ilyen szélcsatornák egy tartállyal, vagy tartályteleppel kapcsolatosak, melyet egy aránylag kis teljesítményű kompresszorral nagy nyomásra feltöltünk, vagy pedig légszivattyúval evakuálunk. Ez az energiatárolás folyamata. Ha ezután a tartály elzáró szerkezetét megnyitjuk, s a ki- illetve beáramló levegőt megfelelően kiképzett szélcsatornán vezetjük át, akkor a szélcsatorna mérőtérében nagysebességű áramlást érhetünk el, amely egy ideig stacionárius. Ez a szélcsatorna hasznos üzemideje. Az áramlás megszűnte után ismét energiatárolás következhetik.

\* A [ ] jelölés a felhasznált szakirodalomra utal.

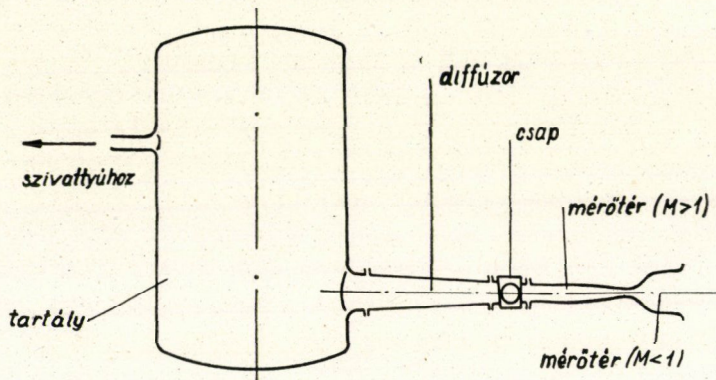
A mérés, kísérlet céljára rendelkezésre álló idő, a stacionárius áramlás ideje, rendszerint rövid, legfeljebb perc nagyságrendű; így a mérési módszerek s a mérőműszerek bizonyos mértékben különböznek a megszokottaktól. Ezek a nehézségek azonban könnyen legyőzhetők s eltörpülnek azon előny mellett, amelyet a szélcsatorna kisebb beruházási költségei jelentenek.

Az energiatárolás két módszere közül a nagy nyomásra való feltöltés biztosít hosszabb hasznos üzemidőt. Ekkor azonban stacionárius áramlás csak az injektor-elven alapuló indukciós szélcsatorna-rendszerrel érhető el.

Ezen cikk keretében csak a másik, egyszerűbb szerkezeti megoldást adó módszerrel foglalkozunk, amelynél az energiatárolás a tartály evakuálásával történik.

### A beszívócsatorna aerodinamikája és időviszonyai

Az evakuálás elvén működő ú. n. beszívó szélcsatorna általános elrendezése az 1. ábrán látható. A mérőtér a hozzácsatlakozó diffúzorral Laval-fúvókát



1. ábra. Hangsebességű beszívó szélcsatorna általános elrendezése

képez. Ismeretes,\* hogy ha a tartályban megfelelően kicsiny ellennyomás uralkodik, akkor a legszűkebb keresztmetszetben (2. ábra,  $F^*$ ) az áramlás sebessége eléri a hangsebességet, melynek nagysága az

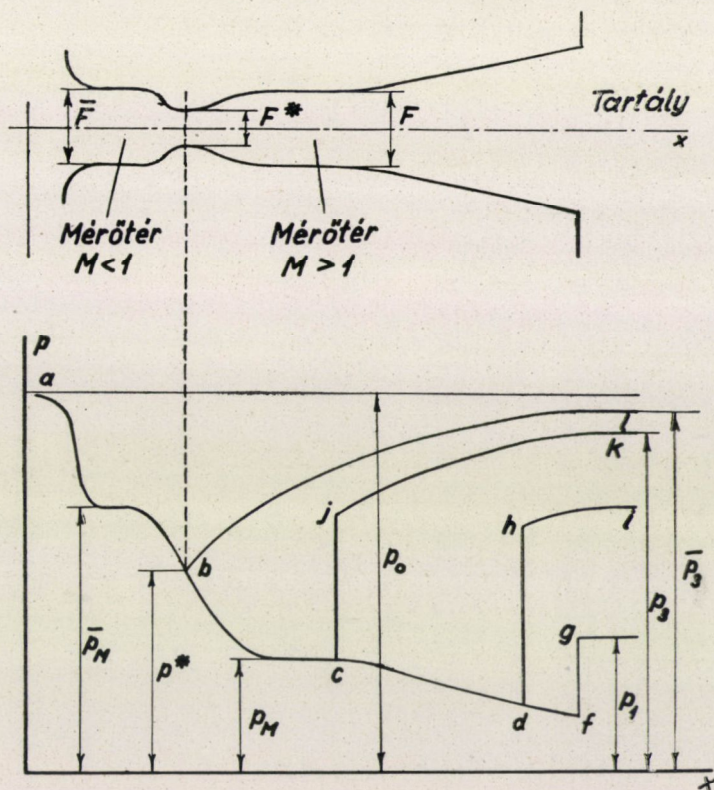
$$a^* = \sqrt{\frac{2}{\kappa + 1}} \cdot a_0 = \sqrt{\frac{2}{\kappa + 1}} \cdot \sqrt{\kappa \cdot g \cdot R \cdot T_0} \quad (1)$$

összefüggésből számítható. Itt  $\kappa = \frac{c_p}{c_v}$  a közeg két fajhőjének viszonya (levegőnél  $\kappa = 1,4$ );  $R$  a gázállandó (levegőnél  $R = 29,27 \text{ m}^\circ$ );  $g = 9,81 \text{ m/mp}^2$

\* Az 1—7. valamint a 10-zel jelölt gázdinamikai alapösszefüggések részletes tárgyalásától el kell tekintenünk. Azt az olvasó a szakirodalomban [2]—[4] alatt felsorolt művek valamelyikében megtalálhatja.

a nehézségi gyorsulás;  $T_0$  a külső légkör abszolút hőmérséklete;  $a_0$  a hang terjedési sebessége a külső,  $T_0$  hőfokú nyugalomban levő légkörben;  $a$  a hangsebesség  $T$  hőfok esetén. A \*-gal az egyes állapotjelzőknek és méreteknek a legszűkebb keresztmetszetenél felvett értékét jelöljük.

Az áramlási sebességnek  $s$  a helyi hangsebességnek viszonya, a Mach-szám:  $M = u/a$  a nagysebességű áramlások elméletében fontos szerepet játszik. A legszűkebb keresztmetszetben, mint mondtuk,  $u^* = a^*$ , így  $M^* = 1$ . A leg-



2. ábra. A beszívócsatorna keresztmetszet- és nyomásviszonyai

szűkebb keresztmetszet előtt  $M < 1$ , mögötte  $M > 1$ . A mérőteret tehát a méréskor elérendő Mach-számnak megfelelően vagy a legszűkebb keresztmetszet előtt, vagy mögötte helyezük el. A mérőterben fellépő Mach-szám nagyságát a mérőterkeresztmetszet ( $F$ ) s a legszűkebb keresztmetszet viszonya ( $F/F^*$ ) határozza meg az alábbiak szerint:

$$\frac{F}{F^*} = \frac{1}{M} \left[ \frac{2}{\kappa + 1} \left( 1 + \frac{\kappa - 1}{2} M^2 \right) \right]^{\frac{\kappa + 1}{2(\kappa - 1)}} = \varphi(M). \quad (2)$$

A statikus nyomás és a Mach-szám közti összefüggést pedig a

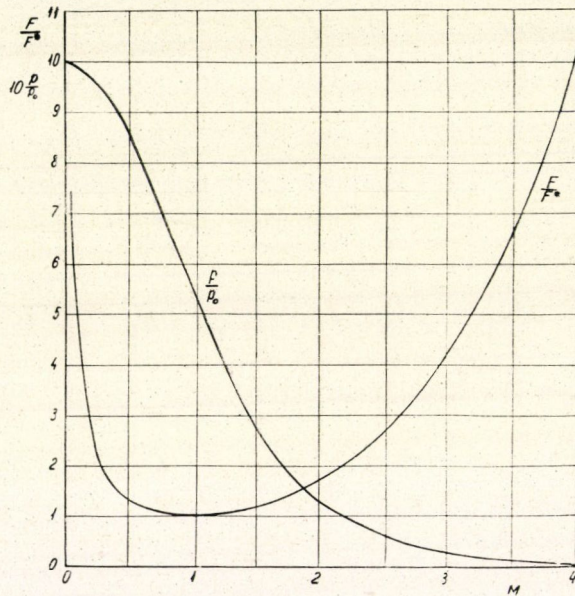
$$\frac{p}{p_0} = \left(1 + \frac{\kappa - 1}{2} M^2\right)^{\frac{\kappa}{1-\kappa}} \quad (3)$$

kifejezés adja meg. Itt  $p_0$  az ú. n. tartálynymomás, azaz azon a ponton mérhető statikus nyomás, ahol a sebesség zérus ( $u = 0$ ,  $M = 0$ ). A mi esetünkben  $p_0$  az atmoszférikus nyomással egyenlő, minthogy a beszívócsatornában az áramlás a nyugalomban levő atmoszférából történik.

A Mach-szám és az áramlási sebesség viszont az

$$\left(\frac{u}{a^*}\right)^2 = \frac{(\kappa + 1) M^2}{(\kappa - 1) M^2 + 2} \quad (4)$$

összefüggésben vannak egymással.



3. ábra. Az izentropikus áramlásra vonatkozó összefüggések a Mach-szám függvényében

A 2) és 3) összefüggés segítségével, melyet a 3. ábra tüntet fel, végig kísérhetjük a Mach-szám és a statikus nyomás változását a szélesatorna mentén, illetve a szélesatornát ezek segítségével a kívánalmaknak megfelelően alakíthatjuk ki.

Meg kell jegyeznünk, hogy a 2) és 3) egyenlet csak izentropikus áramlás\* esetén érvényes; a mindig fellépő sárlódás folytán a csatorna falán kialakuló határreteg a keresztmetszetviszonyokat s így a Mach-számot és a nyomást is

\* Izentropikus áramlás: veszteség- és hőcserementes áramlás.

kis mértékben módosítja. Ugyancsak megszűnik a fenti egyenletek érvényessége ott, ahol az áramlásban lökeshullám jön létre, mert a lökeshullám mindig entropianövekedéssel kapcsolatos. Ezekben az esetekben mindig tartálynomás-változás — mégpedig csökkenés — is előáll.

Ezekután vizsgáljuk meg a szélcsatornában a hasznos üzem ideje alatt végbemenő jelenségeket, mégpedig először abban az esetben, ha a mérőtérben előállítandó Mach-szám:  $M > 1$ .

A csap megnyitása után igen gyorsan, a másodperc töredékérsze alatt beáll a csatorna keresztmetszetviszonyai által megszabott nyomáselosztás. Ezt az  $a, b, c, d, f, g$  görbe mutatja a 2. ábrán. A legszűkebb keresztmetszetben ( $b$ ) a 3)-ból az  $M = 1$  helyettesítéssel meghatározható ú. n. kritikus nyomás lép fel. A Laval-fúvókában a nyomás a mérőtérben fellépő  $M$ -nek megfelelő  $P_M$ -ig csökken. A mérőtérben párhuzamos, egyenletes sebességeloszlású áramlás kívánatos, ennek állandó statikus nyomás felel meg. A diffúzorban a nyomás tovább csökken a tartály eléréséig. A tartályban a nyomás természetesen általában nem egyezik a keresztmetszetviszonyok által meghatározott diffúzorvégnyomással. Ennek következtében ferde nyomáshullám, magasabb ellennyomás esetén pedig a diffúzor vége felé merőleges nyomáshullám lép fel, de ezeknek részletes ismertetése és vizsgálata tárgyalásunkhoz nem szükséges. Elég annyit tudnunk, hogy amint a levegő beáramlása folytán a tartályban a nyomás növekszik, előbb-utóbb megjelenik a diffúzorban egy merőleges lökeshullám, az  $a, b, c, d, h, i$  görbének megfelelő nyomáselosztással. Az ellennyomás további növekedésével a lökeshullám egyre feljebb vándorol a diffúzorban a mérőtér felé. A mi szempontunkból határesetet jelent az  $a, b, c, j, k$  nyomáselosztás, mert ekkor a lökeshullám a mérőtér végén van, s minden további ellennyomás-növekedés azt eredményezi, hogy a mérőtérben a lökeshullám behatolása folytán megszűnik a stacionárius áramlás. A  $k$  pontnak megfelelő  $p_3$  ellennyomás meghatározása tehát a legközelebbi feladatunk, mert ennek elérése jelöli ki a szélcsatorna stacionárius üzemének végét.

Ennek a nyomásnak a meghatározása céljából most azt a pillanatot vizsgáljuk, amelyben az ellennyomás éppen a szóbanforgó  $p_3$ , s tekintsük ezt az áramlást stacionernek, azaz, mintha a tartály végtelen nagy volna.

A tartályban a levegő sebessége zérus, így a  $p_3$  ellennyomás voltaképpen tartálynomás a szó áramlástanai és gázdinamikai értelmezése szerint. A csatornában történő áramlást úgy fogjuk fel, hogy az a  $p_0$  nyomású atmoszférából, mint tartályból indul és a  $p_3$  tartálynomású térben ér véget. A  $p_3/p_0$  arányú tartálynomásnövekedést a csatornában fellépő veszteségek okozzák, melyek főleg a mérőtérben elért Mach-számtól és a diffúzor kialakításától függenek. A külső atmoszférától a mérőtérig terjedő szakaszon a sebesség növekszik, s a nyomás csökken. Az ilyen folyamatok általában igen kis veszteséggel járnak; így az itt fellépő veszteséget elhanyagolhatjuk. A mérőtér mögött levő lökeshullám azonban már veszteséget jelent, ami a tartálynomás csökkenésében

nyilvánul meg. Ez a veszteség a lökeshullám előtti Mach-számtól (a mi esetünkben a mérőtérben elért Mach-számtól) függ, s annak növekvő értékével nő. Számszerűleg a

$$\frac{p'_0}{p_0} = \left( \frac{2\kappa}{\kappa+1} M^2 - \frac{\kappa-1}{\kappa+1} \right)^{\frac{1}{1-\kappa}} \cdot \left[ \frac{(\kappa-1)M^2+2}{(\kappa+1)M^2} \right]^{\frac{\kappa}{1-\kappa}} \quad (5)$$

összefüggés fejezi ki a lökeshullám előtti ( $p_0$ ) és a lökeshullám mögötti ( $p'_0$ ) tartálynnyomások viszonyát a lökeshullám előtti Mach-szám függvényében.

A merőleges lökeshullámban, mint ismeretes, a nyomás, sűrűség és hőfok ugrásszerűen megnövekszik, ugyanakkor a sebesség a hangsebesség alá csökken. A merőleges lökeshullám mögötti Mach-szám tehát:  $M_2 < 1$ .

A lökeshullám előtti ( $M$ ) és mögötti ( $M_2$ ) Mach-szám között a kapcsolatot az

$$M_2^2 = \frac{1 + \frac{\kappa-1}{2} M^2}{\kappa M^2 - \frac{\kappa-1}{2}} \quad (6)$$

összefüggés adja meg.

A merőleges lökeshullám után tehát  $p'_0$  tartálynnyomású,  $M_2$  Mach-számú, hangonulali áramlás áll elő a diffúzor elején. A diffúzorban a sebesség s a Mach-szám tovább csökken, a statikus nyomás pedig növekszik, míg a  $p_3$  ellennyomást el nem éri. Ez a folyamat veszteséggel jár, így a  $p'_0$  tartálynnyomás is tovább csökken, s a diffúzor után a  $p_3$  értéket éri el. A diffúzor jóságát az  $\eta$  diffúzorhatásfokkal szokás jellemezni.

$\eta$  az elemi gázcsepecske nyomásnövekedés ellenében való áramlása közben végzett munkájának és mozgási energiája csökkenésének hányadosa. Ezen hányados értéke veszteségmentes áramlás esetén 1 volna, a valóságban az értékét kísérletekből állapíthatjuk meg.

A fellépő tartálynnyomás-csökkenés L. Crocco nyomán  $\eta$ -val a következő alakban fejezhető ki [5]:

$$\frac{p_3}{p'_0} = \left( 1 + \frac{\kappa-1}{2} M_2^2 \right)^{\frac{(1-\eta)\kappa}{1-\kappa}} \quad (7)$$

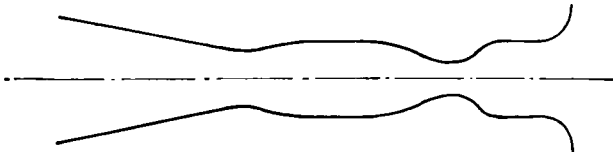
Az 5) 6) és 7) összefüggések segítségével most már lépésről-lépésre kiszámíthatjuk a különböző  $M$  mérőtér Mach-számokhoz tartozó  $p_3/p_0$  viszonyszámot, amely a szélcatornában fellépő tartálynnyomás-veszteséget fejezi ki.

$$\frac{p_3}{p_0} = \frac{p_3}{p'_0} \cdot \frac{p'_0}{p_0} \quad (8)$$



$p'_0/p_0$  az 5) egyenletből közvetlenül számítható,  $p_3/p'_0$  kiszámításához előbb 6)-ból az  $M_2$ -t kell kiszámítanunk, ezzel aztán a 7)-ből és 8)-ból megkapjuk a kívánt eredményt. A diffúzorhatások az  $\eta = 0,75$  értékkel vehető számításba.

Hasonló a helyzet akkor is, ha a mérőtérben hangon aluli áramlást akarunk előállítani. Ekkor azonban a stacioner áramlás mindaddig fennáll, s a mérőtérben mindaddig a  $\bar{p}_M$  statikus nyomást (2. ábra) mérhetjük, amíg a diffúzorban kialakult lökeshullám a legszűkebb keresztmetszetig nem ér, azaz mindaddig, amíg a legszűkebb keresztmetszetben hangsebesség uralkodik. Ezen pont eléréséig a lökeshullám is elenyészik és a tartálynomásban sem lép fel veszteség, amint ezt az 5) egyenletből is láthatjuk: az  $M = 1$  helyettesítés a  $p'_0/p_0 = 1$ , azaz  $p_0 = p'_0$  eredményre vezet. Így a stacioner áramlás határesetében a nyomáseloszlás az  $a, b, l$  görbe szerint alakul. Ebben az esetben a  $p_3/p_0 = p_3/p'_0$  nyomásviszony a 7) egyenletből az  $M_2 = 1$  helyettesítéssel számítható ki.

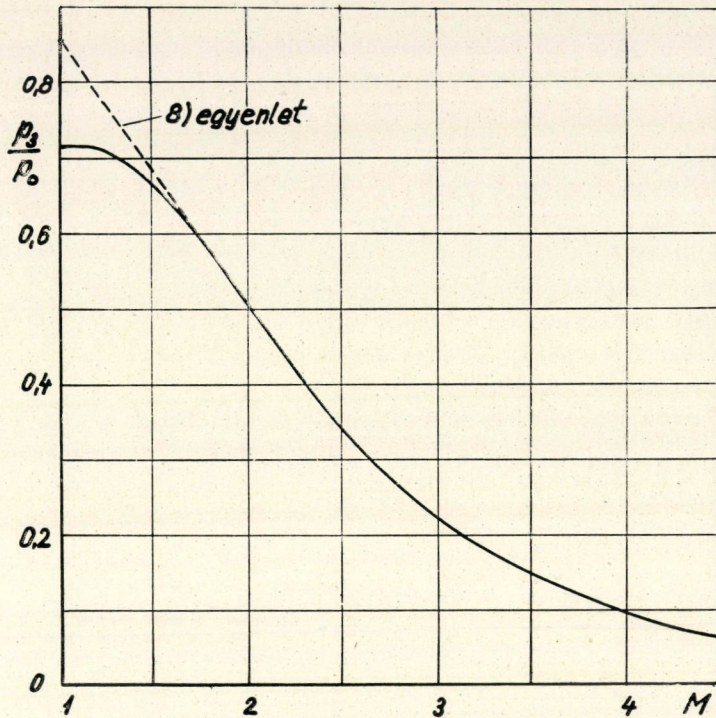


4. ábra. A szélcsatorna mérőtere a második torokkal.

Meg kell említenünk, hogy egynél nagyobb Mach-szám esetén a mérőtér mögött elhelyezett második torok (4. ábra) elvileg csökkenti a veszteséget. A szűkülő csatornarészben a Mach-szám lecsökken (fordított diffúzorhatás hangon túli áramlásban), s a lökeshullám kis Mach-számnál, kis veszteséggel lép fel. Sőt  $M = 1$  is elérhető lenne a második torokban, ekkor a hangon túli áramlásból hangon aluliba való átmenet lökeshullám nélkül menne végbe.

A második torok tervezését azonban nagyon bizonytalaná teszi a pozitív nyomásgradiens hatására megvastagodott határréteg, úgy hogy általában ferde vagy merőleges lökeshullámok jelenléte a második torok környékén nem kerülhető el. Az itt jelentkező bizonytalanság miatt helyesebben tesszük, ha tervezéskor a kedvezőtlenebb esettel számolunk, nem vesszük figyelembe a második torok nyújtotta javítási lehetőségeket, hanem a fentebb leírt számításmódot alkalmazzuk.

Hasonló bizonytalanság jelentkezik a diffúzorhatások számértékében is. Egész tárgyalásmódunk bizonyos egyszerűsítést, közelítést tartalmaz, mint-hogy a Laval-fúvóka elméletének egydimenziós tárgyalásmódját követi, amelylyel a ferde lökés- és expanziós hullámok, s a nem egyenletes sebességeloszlás hatása nem vehető pontosan figyelembe. Mindenesetre a beszívócsatorna várható üzemi viszonyainak megítéléséhez ez a tárgyalásmód a legmegfelelőbb.



5. ábra. A stationer áramlás végén fellépő tartálynyomás-viszony az elérendő Mach-szám függvényében,  $\eta = 0,75$  diffúzorhatásfokkal,  $M = 1$  közelében kísérleti adatok alapján korrigálva

A fent ismertetett számítás eredménye az 5. ábrán diagrammban van ábrázolva. A diagramm a diffúzor után és a szélesatorna előtt uralkodó nyomások maximális viszonyát tünteti fel ( $p_3/p_0$ ), amely még elegendő ahhoz, hogy a mérőtérben a megkívánt Mach-szám létrejöjjön. A diffúzorhatásfok a Mach-számtól függetlenül  $\eta = 0,75$  értékkel van figyelembevéve, azonban  $p_3/p_0$  értéke az  $M = 1$  érték közelében a számítás eredményéhez képest megvalósított szélesatornákon végzett kísérletek alapján kismértékben korrigálva van. [5]. Így az  $M = 1$ -nél felvett érték  $\eta = 0,57$ -nek felel meg.

A  $0 < M < 1$  tartományban a fentebb mondottak szerint  $p_3/p_0$ -nak az  $M = 1$ -nél felvett értékével számolhatunk.

Az eddigiek ismeretében meghatározhatjuk a beszívócsatorna hasznos üzemének időtartamát. Ez az az idő, ameddig az evakuált tartályban uralkodó ellennyomás a levegő beáramlása folytán a  $p_1$  értékről a 8) egyenletből meghatározható  $p_3$  értékre felnövekszik.

Ezen idő alatt az időegységben beáramló levegőmennyiség súlya ( $K$  kg/mp) állandó marad, s nagysága a legszűkebb keresztmetszetben előálló sebességből és sűrűségből a

$$K = g \cdot F^* \cdot \rho^* \cdot a^* \quad (9)$$

összefüggés alapján számítható. Itt

$$\varrho^* = \left( \frac{2}{\kappa + 1} \right)^{\frac{1}{\kappa - 1}} \cdot \varrho_0 \quad (10)$$

$\varrho_0$  a mi esetünkben a külső légkör sűrűsége.

A beáramló mennyiség az 1), 2) és 10) segítségével a

$$K = g \cdot \frac{F}{\varphi(M)} \cdot \varrho_0 \cdot \left( \frac{2}{\kappa + 1} \right)^{\frac{1}{\kappa - 1}} \cdot \left| \sqrt{\frac{2}{\kappa + 1}} \sqrt{\kappa \cdot g \cdot R \cdot T_0} \right. \quad (11)$$

alakban is kifejezhető, ha az eddigieknek megfelelően  $F$ -vel a mérőtér keresztmetszetét s  $M$ -mel az ott fellépő Mach-számot jelöljük.

A  $dt$  idő alatt a tartályba beáramló levegő entalpiája egyenlő a tartályban levő levegő összes energiájának ugyanennyi idő alatti megváltozásával, ha a tartály és a külső atmoszféra közti hőkicserélődést elhanyagoljuk. Azaz :

$$K c_p T_0 dt = V c_v d(g \varrho T), \quad (12)$$

ahol  $t$  az idő ;  $V$  a tartály térfogata ;  $\varrho$  illetve  $T$  pedig a tartályban levő levegő sűrűsége, illetve hőmérséklete.

Az ideális gázok állapotegyenlete :

$$p = g \varrho RT \quad (13)$$

alapján

$$K c_p T_0 dt = V \cdot c_v \cdot d\left(\frac{p}{R}\right) \quad (14)$$

Ezt integrálva :

$$\int_{p_1}^{p_3} dp = \frac{K}{V} \cdot \frac{c_p}{c_v} \cdot RT_0 \int_0^t dt \quad (15)$$

$$p_3 - p_1 = \frac{K}{V} \cdot \kappa RT_0 t,$$

amiből a stacioner áramlás időtartama [6] :

$$t = \frac{p_3 - p_1}{K} \cdot \frac{V}{\kappa RT_0} \quad (16)$$

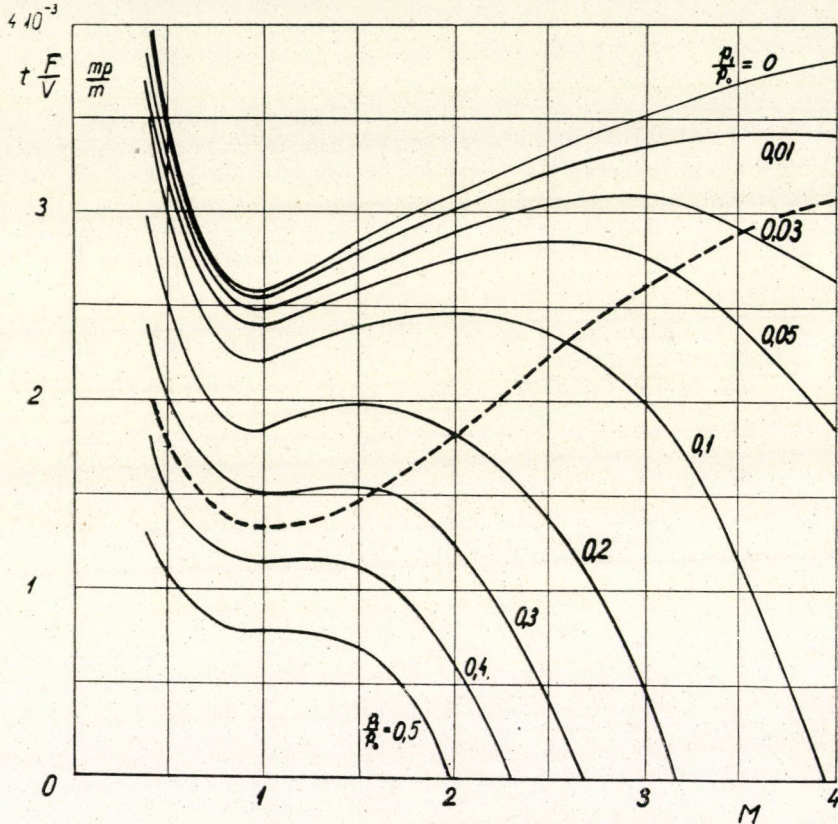
Ha ezen összefüggésbe  $K$ -t 11)-ből behelyettesítjük, akkor 13) ismételt felhasználásával a

$$t = \frac{1}{\kappa \sqrt{\kappa g R} \left( \frac{2}{\kappa + 1} \right)^{\frac{1}{\kappa - 1}} \left| \frac{2}{\kappa + 1} \right|} \cdot \frac{V}{F} \cdot \left( \frac{p_3}{p_0} - \frac{p_1}{p_0} \right) \cdot \frac{\varphi(M)}{\sqrt{T_0}} \quad (17)$$

összefüggésre jutunk. Levegőre érvényes  $H = 1,4$ ,  $R = 29,27 \text{ m}^\circ$  és  $\alpha g = 9,81 \text{ m/mp}^2$  értékek behelyettesítésével a

$$t \frac{F}{V} = \frac{0,0616}{\sqrt{T_0}} \left( \frac{p_3}{p_0} - \frac{p_1}{p_0} \right) \cdot \varphi(M) \quad (18)$$

képletet kapjuk, amely a beszívócsatorna méretezésére is közvetlenül felhasználható.  $p_3/p_0$  értékét a 8) egyenletből vagy az 5. ábrából,  $\varphi(M)$ -et a 2) egyenletből vagy a 3. ábrából vehetjük.



6. ábra. A stacioner áramlás időtartamának nomogramja az 5. ábra alapján,  $T_0 = 288 \text{ K}^\circ$  ( $15 \text{ C}^\circ$ ) levegőhőmérséklet mellett

A 18) egyenletet a  $T_0 = 288 \text{ K}^\circ$  ( $15 \text{ C}^\circ$ ) értékkel kiszámítva a 6. diagrammon ábráztuk. A  $p_1/p_0$  kezdő ellennyomásviszony mint paraméter szerepel.

A diagramm használatát egy példa világítja meg. Legyen a mérőtér keresztmetszete:  $F = 0,001 \text{ m}^2$ , a tartály térfogata  $V = 2,8 \text{ m}^3$ , a kezdeti ellennyomásviszony  $p_1/p_0 = 0,1$ ; a mérőtérben elérendő Mach-szám  $M = 2$ . Mennyi a stacioner áramlás időtartama?

A 6. ábrán  $M = 2$  és  $p_1/p_0 = 0,1$  értékekhez a  $t \cdot F/V = 2,46 \cdot 10^{-3}$  mp/m érték tartozik. Így  $T_0 = 288 \text{ K}^\circ$  külső hőmérséklet esetén

$$t = 2,46 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{2,8}{0,001} = 6,9 \text{ mp.}$$

Más  $T_0'$  külső hőmérséklet esetén ezen eredményünket még 18) alapján a  $\sqrt{T_0/T_0'}$  helyesbítő tényezővel is meg kell szoroznunk.

A beszívócsatorna üzemének másik fontos szakasza a tartály evakuálása. Ez a folyamat éppen az energiatárolás tényéből kifolyólag lényegesen hosszabb ideig tart, mint a hasznos üzem.

A  $Q \text{ m}^3/\text{mp}$  teljesítményű légszivattyú működése folytán a tartályban levő levegő súlyának változása :

$$-dG = Q \cdot g \cdot \varrho \, dt. \quad (19)$$

Ez a súlyváltozás a tartályban mint sűrűségváltozás jelentkezik :

$$dG' = V \cdot g \cdot d\varrho \quad (20)$$

19) és 20) alapján :

$$dt = -\frac{V}{Q} \frac{d\varrho}{\varrho}. \quad (21)$$

A tartályban lefolyó állapotváltozás a szivattyúzás hosszantartó volta miatt izotermikusnak tekinthető. Ekkor azonban a 13)-ból :

$$\varrho = \frac{p}{gRT} \quad \text{és} \quad d\varrho = \frac{dp}{gRT}; \quad \text{így} \quad \frac{d\varrho}{\varrho} = \frac{dp}{p}. \quad (22)$$

Ezzel :

$$dt = -\frac{V}{Q} \cdot \frac{dp}{p},$$

amit integrálva

$$\int_0^{t_{sz}} dt = -\frac{V}{Q} \int_{p_0}^{p_1} \frac{dp}{p}$$

a  $p_0$ -ról  $p_1$  ellennyomásig való evakuálás időtartamára a

$$t_{sz} = -\frac{V}{Q} \ln \frac{p_1}{p_0} \quad (23)$$

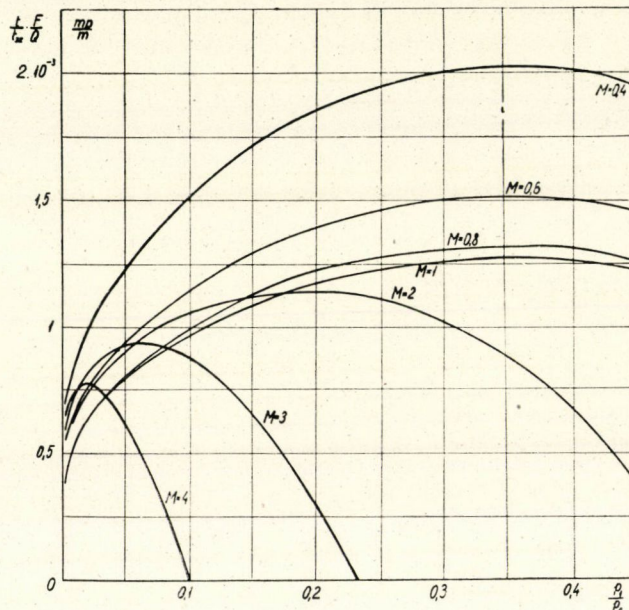
képletet kapjuk.

Tervezéskor és kísérletezéskor egyaránt figyelembe veendő tényező a szélcsatorna hasznos üzemének s evakuálásának időtartama közti viszony. A 17) és 23) egyenletek osztásával ez a viszony könnyen előállítható.

$T_0 = 288 \text{ K}^\circ$  számérték esetében ez a viszony a

$$\frac{t}{t_{sz}} \cdot \frac{F}{Q} = -0,00363 \frac{\left( \frac{p_3}{p_0} - \frac{p_1}{p_0} \right)}{\ln \frac{p_1}{p_0}} \cdot \varphi(M) \quad (24)$$

alakba írható, s a 7. ábrán látható görbesereggel ábrázolható.



7. ábra. A hasznos üzemek s a tartály atmoszférikus nyomásról való evakuálásának időtartama közti viszony a kezdő ellennyomás-viszony függvényében, különböző mérőtér Machszámoknál

Az energiafogyasztás szempontjából a tartályt csak az optimális (legnagyobb)  $t/t_{sz} \cdot F/Q$  értéket adó  $p_1/p_0$  ellennyomás-viszonyig érdemes evakuálni, feltéve, hogy így a hasznos üzem ideje még elegendő hosszú a mérések elvégzésére. A 7. ábra optimumaihoz tartozó üzemidők a 6. ábrába berajzolt szaggatott görbén fekszenek. Látható, hogy  $M = 1$ -nél az optimális időviszony aránylag kis üzemidőt ad. A szélesatornát méretezhetjük úgy, hogy a szaggatott görbe minimumához tartozó üzemidő a méréshez még éppen elegendő idővel legyen egyenlő, de ez nem feltétlenül szükséges, minthogy a 7. ábra időviszony-görbéinek az egység körüli Mach-számok esetén lapos maximuma van s így itt a nagyobb vakuumig való leszívás sem teremt lényegesen kedvezőtlenebb körülményeket.

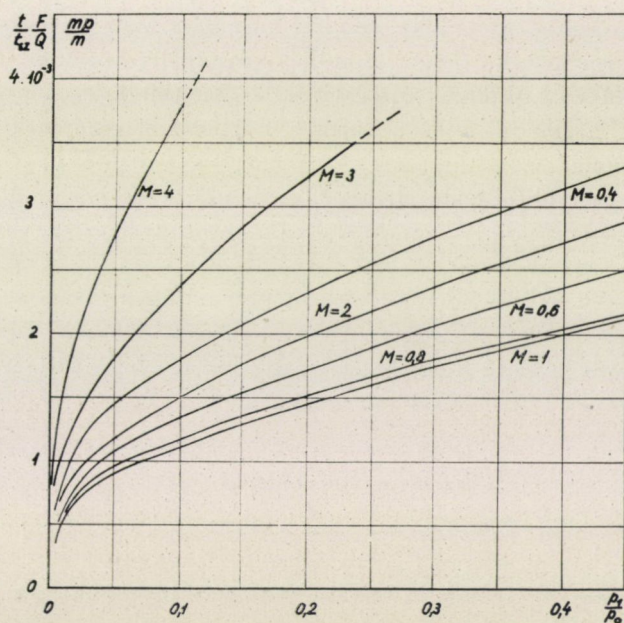
A szélcsatorna üzemében gyakran előfordul, hogy az elvégzett mérést vagy kísérletet meg kell ismételni, akár teljesen változatlan körülmények között, akár kis változtatással (pl. kisminta állásszögének változtatásával). Ilyenkor az időviszonyt lényegesen javíthatjuk, ha a hasznos üzem végén a csatornát azonnal elzárjuk, mert így a tartálynak a következő kísérlethez való evakuálása a  $p_3/p_0$  nyomásviszonyról kezdődhetik. A 23) egyenlet ekkor a

$$t_{sz} = -\frac{V}{Q} \ln \frac{p_1}{p_3} = -\frac{V}{Q} \ln \left( \frac{p_1}{p_0} \cdot \frac{p_0}{p_3} \right) \quad (25)$$

alakot vesz fel, a hasznos idő s az előkészítés idejének viszonya pedig — ismét  $T_0 = 288 \text{ K}^\circ$  levegőhőmérséklet mellett — a

$$\frac{t}{t_{sz}} \cdot \frac{F}{Q} = 0,00363 \frac{\frac{p_3}{p_0} - \frac{p_1}{p_0}}{\ln \frac{p_3}{p_0} - \ln \frac{p_1}{p_0}} \cdot \varphi(M) \quad (26)$$

alakba írható. A megfelelő görbesereg a 8. ábrán látható. Elérhető optimum



8. ábra. Az időviszony alakulása a  $p_3/p_0$  ellennyomás-viszonyról való evakuálás esetén

nem mutatkozik, az időviszony azonban a 7. ábrához képest különösen nagy Mach-számok esetén lényegesen javult. A  $p_1/p_0$  ellennyomás-viszonyt tehát a 7. ábrából megállapítható optimális értéknél nagyobbra célszerű választani,

ezzel azonban az üzemidő rövidül, mint az a 6. ábrából leolvasható. Így az üzem gazdaságossá tételének határt szab az a követelmény, hogy a mérések pontossága a rövidülő üzemidő miatt ne szenvedjen.

Példánkban tárgyalt szélcsatorna tartályának evakuálására egy  $Q = 65 \text{ m}^3/\text{ó} = 0,018 \text{ m}^3/\text{mp}$  effektív teljesítményű légszivattyút használunk. A  $p_0$  (atmoszférikus) nyomásról  $p_1 = 0,1$  ata-ra ( $p_1/p_0 = 0,1$ ) való leszivattyúzás ideje a 7. ábrából a  $t_{sz} \cdot F/Q = 1,06 \cdot 10^{-3} \text{ mp/m}$  értékkel:

$$t_{sz} = \frac{6,9 \cdot 0,001}{0,018 \cdot 1,06 \cdot 10^{-3}} = 363 \text{ mp} = 6,05 \text{ perc.}$$

A  $p_3/p_0$  nyomásviszonyról való evakuálás ideje a 8. ábra szerint

$$t_{sz} = \frac{6,9 \cdot 0,001}{0,018 \cdot 1,5 \cdot 10^{-3}} = 256 \text{ mp} = 4,27 \text{ perc.}$$

Az itt közölt számítási mód, mint már említettük, közelítő. 1. Közelítő elsősorban az áramlási jelenségek egydimenziós tárgyalása miatt. 2. Közelítő az a feltevés is, hogy a diffúzorhatásfok a Mach-számtól, annak egy kis tartományától eltekintve, független. 3. Az a felfogás, hogy a tartályban lefolyó állapotváltozás a beáramlás ideje alatt adiabatikusnak, a kiszivattyúzás ideje alatt pedig izotermikusnak tekinthető, szintén nyilvánvaló közelítés. Az első két feltevés korrigálására alkalmas vizsgálatok és kísérletek eredményeiről nincs tudomásunk. A harmadik eset a tartály hőátadástartényezőjének ismeretében — bár hosszadalmas számítás árán — számítással pontosabban is követhető. Az idealizált viszonyoktól való eltérést egy konkrét esetben mintegy 8%-nak találtuk. Így a hosszadalmas számításra való tekintettel ezt az eltérést figyelmen kívül hagyjuk.

A közelítés ellenére a beszívó csatorna tervezéséhez és várható viszonyainak számításához az eljárás kielégítő, s a Budapesti Műszaki Egyetem Aerodinamikai Tanszékén létesített beszívócsatornával végrehajtott időtartam-mérések eredményei a fentiekkel jól egyeznek.

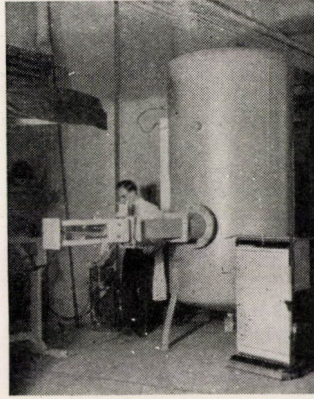
### *Szerkezeti megoldások*

Az Aerodinamikai Tanszéken a tanszék kutatási terve alapján létesített beszívócsatorna elrendezése az 1. ábra szerinti, fényképe a 9. ábrán látható. A csatorna mérőtere  $50 \cdot 20 \text{ mm}$ , a tartály térfogata  $2,8 \text{ m}^3$ , a vakuumszivattyú tényleges teljesítménye  $65 \text{ m}^3/\text{ó}$ .

A szélcsatornának a mérőteret magában foglaló része fából készült. Két oldalfala plexiüveg, hogy résoptikai kísérleteket végezhessünk (10. ábra 1.). A mérőtér közepén az egyik plexiüvegfalban köralakú nyílás van, melyet vállal bíró gondosan becsiszolt plexi-betét (forgóasztal) zár el. Erre fogjuk fel a vizsgálandó kismintát, s így az állásszögváltoztatás gyors és kényelmes (2.).

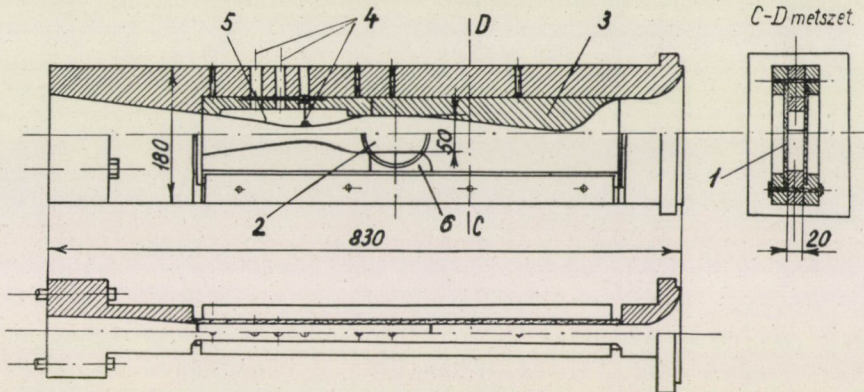


Hangon túli kísérletekhez az elérendő Mach-számnak megfelelő módon kialakított, cserélhető (3.) betétet használunk, minden Mach-szárhoz más. A szerelés végrehajtásához az üvegfalak eltávolíthatók. A (4.) csavarokkal megtá-



9. ábra. A Budapesti Műszaki Egyetem Aerodinamikai Tanszékén létesített beszívócsatorna fényképe. Jobboldalt egy higanyos multimanométer

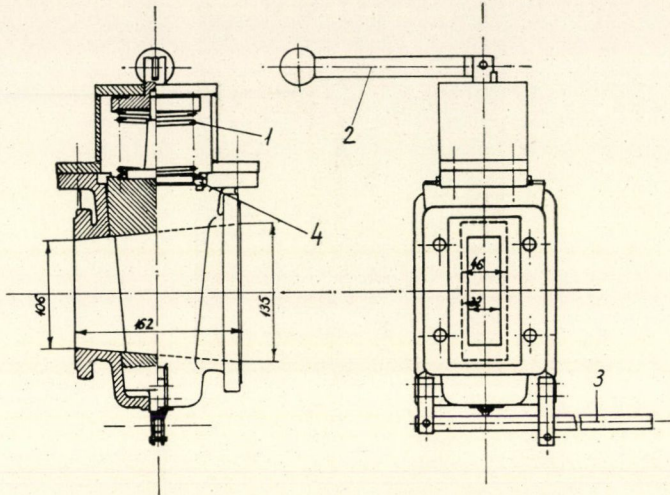
masztott (5.) rugalmas lemez a változtatható második torkot alkotja. Ugyanez a berendezés hangon aluli kísérleteknél a (6.) betéttel kialakított mérőterben előálló Mach-szám változtatására szolgál.



10. ábra. A beszívócsatorna mérőteret magába foglaló szakaszának szerkezeti rajza

A szélcsatorna rövid üzemideje (lásd a példát) miatt igen fontos, hogy az áramlás megindítása és megszüntetése rövid idő alatt megtörténhessen. Ezt a célt szolgálja a gyorsan záró csap, amely a 11. ábrán látható formájában készült el. A csap elfordítását a hossz tengelye körüli csavarásra igénybevett

hengeres csavarrúgó (1.) végzi. A rúgó megfeszítése a (2.) kar  $180^\circ$ -kal való elforgatásával történik. Nyitáskor a (3.) kar felemelése által a csaptest elfordulását gátló (4.) pecek felszabadul s egyúttal a csaptest kiemelése által a súrlódás is lecsökken. Így a csap  $90^\circ$ -kal való elfordulása a másodperc törtrésze



11. ábra. A gyorsan záró csap szerkezeti rajza

alatt megtörténik. A rúgó ellenkező irányban való felhúzása s a hasonló módon lefolyó zárás már a következő másodperc alatt elvégezhető.

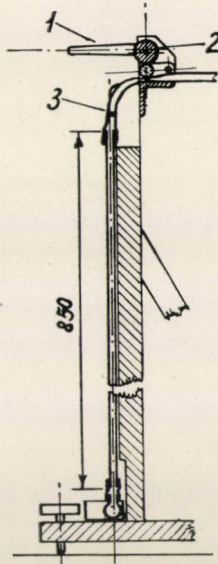
A diffúzor az  $50 \cdot 20$  mm mérőterekeresztmetszetből a tartályhoz csatlakozó  $\varnothing 250$  mm keresztmetszetbe való fokozatos átmenetet valósítja meg. Kialakítása egy  $\delta = 9^\circ$ -os kúpszögű kúpos diffúzornak felel meg.

#### Mérőműszerek és résoptikai berendezés

A szélcsatornában elvégezhető kísérletek a kétdimenziós áramlási problémákhoz kapcsolódnak. A mérő ér kialakításánál is ez a szempont érvényesül. Az ilyen kísérleteknél a főszerepet a nyomáseloszlásmérés és a résoptikai vizsgálatok játsszák.

A nyomásmérés célszerűen higanyos multimanométerrel történhet, mivel általában egyszerre több pontban kell mérni a nyomás nagyságát. A rövid hasznos üzemidőre való tekintettel a multimanométert megvalósított műszerek nyomán [7] a 12. ábra szerint alakítottuk ki. A stacionér áramlás ideje alatt a higanynivó az egyes üvegsövegekben a vizsgált pontban uralkodó nyomásnak megfelelően helyezkedik el. Ha ennek megtörténte után, de még a stacionér áramlás tartama alatt az (1.) kar elforgatása útján a (2.) excenterrel elszorítjuk az üvegsövek végétől a mérési pontokhoz vezető gumicsöveket, akkor a higanynivók megtartják helyzetüket a stacioner áramlás végeztével is, s így a nagyszámú

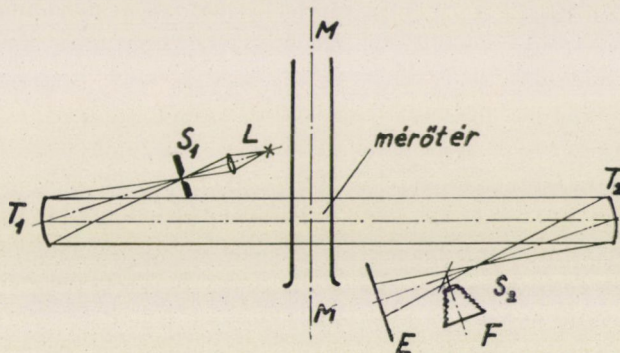
mérési adatot kényelmesen és pontosan olvashatjuk le. A multimanométer fényképe a 9. ábra jobboldalán látható. A tapasztalat szerint az áramlás megindításakor a higanyoszlop olyan nagy amplitudójú lengéseket végez s ezek olyan lassan csillapodnak, hogy fojtásról feltétlenül gondoskodni kell. A fojtást célzó vattadugót közvetlenül az üvegső után (12. ábra 3.) helyeztük el. A



12. ábra. A higanyos multimanométer s a higanynívó rögzítésére szolgáló szerkezet vázlata

higanyfelszín és vattadugó közti légtér így a legkisebb s a lengéscsillapító hatás így a legkedvezőbb.

A résoptika (schlierenoptika) [8], [9] elve a fénysugárnak sűrűséggradiens hatására való elhajlásán alapszik. Az Aerodinamikai Tanszéken megvalósított berendezés elrendezését a 13. ábra tünteti fel. Az  $L$  fényforrás által megvilágított  $S_1$  részből kiinduló fénysugarakat a  $T_1$  parabolikus tükör pár-



13. ábra. A résoptika elrendezési rajza

huzamosítja. A párhuzamos fénynyaláb a szélcatorna mérőterén halad át. A  $T_2$  tükör által az  $S_2$  élre fókuszált fénynyaláb ezután az  $E$  ernyőre esik, melyet úgy helyezünk el, hogy rajta a mérőternek a  $T_2$  által leképzett éles képe jelenjék meg. Az  $S_1$  réssel párhuzamos  $S_2$  él segítségével (a rés és így a fókuszs véges mérete miatt) a fénynyaláb egy részét elvágjuk, s ezáltal az ernyőn a mérőternek egyenletesen sötétebb képét nyerjük.

A mérőternek azon helyein, ahol sűrűséggradiens van jelen, a fénysugár a gradiens irányában elhajlik. Az elhajlott fénysugarakat a  $T_2$  tükör az eredeti fókusztól eltérő helyeken fókuszálja. Így az ernyőn az él irányára merőleges sűrűséggradienssel bíró helyek képe világosabb vagy sötétebb lesz, mint az egyenletes sűrűségű helyek képe. Az alaptónustól mért elsötétedés, illetve világosodás pedig a sűrűséggradiensnek az  $S_2$  élre merőleges komponensével arányos. Mivel mind az  $S_1$  rés, mind pedig az  $S_2$  él a beeső fénynyaláb optikai tengelye körül forgatható, a gradiens tetszőleges irányú komponense vizsgálható.

A rendszer érzékenysége — bizonyos határok között — az  $S_2$  él állításával változtatható.

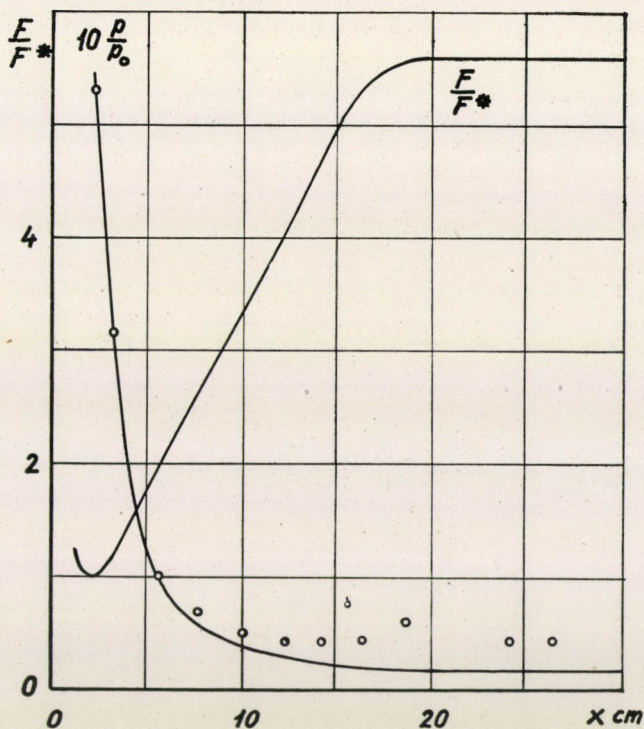
Az  $F$  fényképezőgéppel a néhány másodpercig tartó jelenségekről fényképfelvételek is készíthetők.

A nagysebességű áramlásokban nagy sűrűséggradiens főleg a lökeshullámoknál és a határretegeknél lép fel, ezért a résoptikai módszer elsősorban ezek tanulmányozására alkalmas.

#### *Néhány mérési eredmény*

Az Aerodinamikai Tanszék beszívócsatornájával ezideig végrehajtott kísérletek és mérések célja a hangsebességű mérés technikával való tapasztalatszerzés, ezenkívül a szélcatorna jellemzőinek, lehetőségeinek meghatározása volt. A kísérletek eredményeiből a következőket közöljük :

A szélcatorna hossz tengelye mentén végzett nyomáseloszlásmérés kideríti az eltéréseket a feltételezett és a valóságos áramlás között. A mérés végrehajtása céljából a csatorna egyik üvegfallá helyébe furatokkal s kivezetésekkel ellátott falat szereltünk. A nyomáseloszlást az  $M = 3,3$  Mach-számra tervezett csatornabetét esetében a legszűkebb keresztmetszettől a mérőtérig a 14. ábra mutatja. A diagrammba felvittük a keresztmetszetviszonyt ( $F/F^*$ ) s az ideális áramlás esetére a 2) és 3) egyenletekből számított nyomáseloszlást is. A valóságos nyomáseloszlás láthatóan eltér az ideálistól, ami arra mutat, hogy a Laval-fúvókában, különösen annak az áramlást ismét párhuzamosító görbületében ferde lökeshullámok lépnek fel. Ebben az esetben a mérőtérben mért statikus nyomás és az aerodinamikai értelemben vett tartálynomás (jelenleg  $p_0 =$  atmoszférikus nyomás) viszonyából,  $p/p_0$ -ból a Mach-számot visszazámítani természetesen helytelen, minthogy a ferde lökeshullámokon keresztül a tartálynomás is változik.



14. ábra. Az  $M = 3,3$  Mach-számra tervezett Laval-fúvóka mentén mért és számított nyomáseloszlás

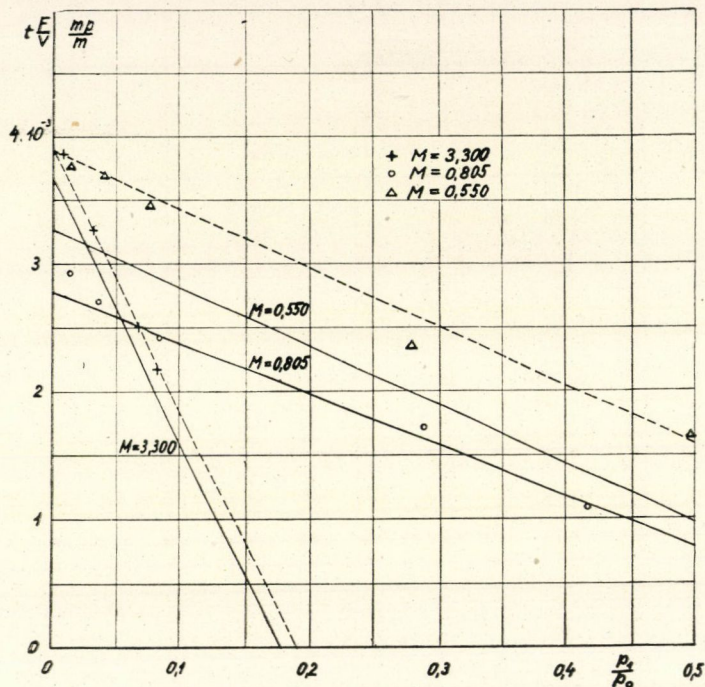
Ilyen esetben a mérőtérben előállított lökeshullámok szögének méréséből következtethetünk a mérőtérben fellépő Mach-számra. Így pl. a 16. ábrán látható ú. n. sárkányszelvény körül kialakuló lökeshullámok szögének méréséből a fentemlített Laval-fúvókánál a keresztmetszetviszonynak megfelelő  $M = 3,3$  helyett  $M = 2,91$  adódott ki. A számításmódra, amely a ferde lökeshullámok diagrammjának [11] alkalmazását igényli, itt nem térünk ki.

Látható, hogy a mérőtér egyenletes sebességeloszlásának és hullámmenetségének biztosítására, továbbá a kívánt Mach-szám tényleges elérésére a Laval-fúvókának a karakterisztikák módszere alapján történő megfelelő kialakítása [10], [12] feltétlenül szükséges.

Méréssorozatot végeztünk a szélcsatorna stacioner üzemi idejének megállapítására, s a 18) összefüggés ellenőrzésére. A méréseket  $M = 0,55$ ,  $M = 0,805$  mérőtér Mach-számoknál, ezenkívül az  $M = 3,3$  értékre tervezett Laval-fúvóka beiktatása mellett végeztük el. A stacioner áramlás megszűntét a mérőtérben uralkodó statikus nyomás hirtelen megnövekedése jelezte. A mérési eredmények a 15. ábrán láthatók. A szóbanforgó Mach-számok esetén a 18) egyenletből

kiadódó elméleti  $t \cdot F/V$  értékek folytonosan kihúzott egyenesekkel vannak feltüntetve.

A 18)-nak  $p_1/p_0$  szerint való differenciálása arra az eredményre vezet, hogy ezen egyenesek iránytangense a  $\varphi(M)$  értéktől, azaz az elérendő Mach-



15. ábra. A 18) egyenlet ellenőrzését célzó mérési eredmények

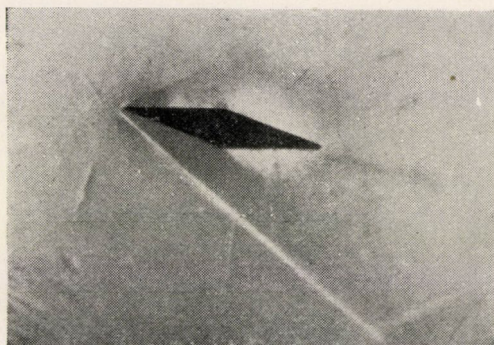
számtól függ. A mérési pontok valóban a számítottakkal párhuzamos egyenesekkel egyenlíthetők ki.

A mért értékeknek megfelelő egyenes a 18) által meghatározottól  $M = 0,55$  és  $M = 3,3$  esetben párhuzamosan el van tolódva. Ennek oka a  $p_3/p_0$  [8] egyenlet] meghatározásakor tett két közelítésünk, nevezetesen egyrészt az, hogy a diffúzorhatásfokot becslésszerűen vetettük fel, másrészt, hogy az áramlást egydimenziós áramlásként fogtuk fel.

Az  $M = 0,805$  esetben a mérés pontosan fedi a feltevéseket.

A 18)-ból a  $t = 0$  helyettesítéssel kiadódó  $p_3/p_0 = p_1/p_0$  összefüggés arra mutat, hogy a 15. ábra egyenesének a  $p_1/p_0$  tengellyel való metszéspontja egyúttal az illető Mach-számhoz tartozó  $p_3/p_0$  értéket is szolgáltatja. Így a mérési eredményekből a valóságos diffúzorhatásfok az  $M < 1$  esetben visszaszámolható. Ekkor ugyanis, minthogy a stacioner áramlás határesetében lökéshullám nem lép fel,  $p_3/p_0 = p_3/p'_0$ ; s a 7)-ből  $\eta$  kiszámítható. Így  $M = 0,55$ -nél  $\eta_{való} = 0,68$  adódik.

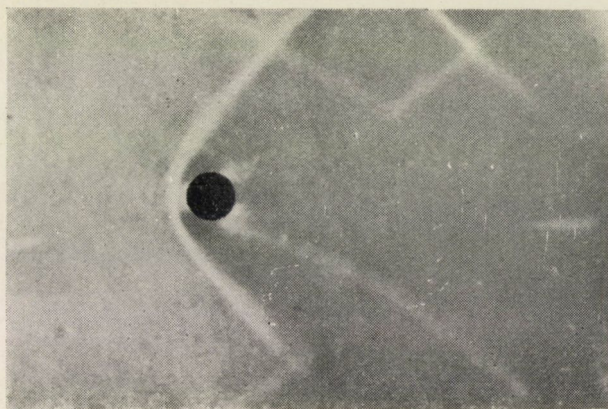
$M = 3,3$  esetben a fellépő ferde lökeshullámok miatt az áramlás nem egydimenziós, így az 5) egyenletet nem alkalmazhatjuk. Ebből kifolyólag  $\eta_{való}$



16. ábra. Sárkányszelvény körüli áramlás résoptikai módszerrel nyert képe  $M = 2,91$  esetén

sem számítható s a  $(p_3/p_0)_{való}$  értékének ismeretével kell megelégednünk, amely 0,19-nek adódik.

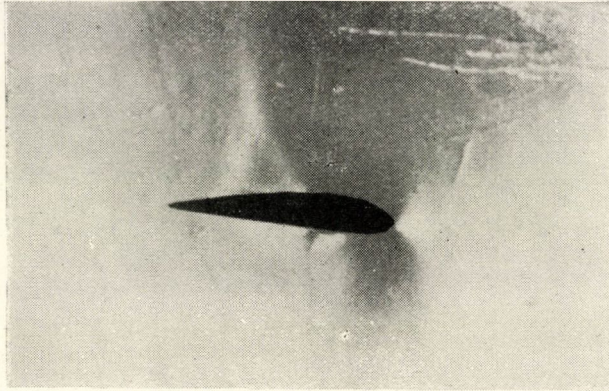
Fentiekből látható, hogy az  $\eta = 0,75$  felvétel kellően óvatos s hogy a  $p_3/p_0$  számításához alkalmazott egyszerű és gyors eljárás jó közelítést jelent. A 8)-ra az  $M = 1$  körül alkalmazott korrekció is helyénvalónak bizonyult.



17. ábra. Henger körüli áramlás.  $M = 2,91$

Az Aerodinamikai Tanszéken készült résoptikai felvételek közül néhányat a 16—18. ábrán mutatunk be. Az első kettő  $M = 2,91$  Mach-számnál egy sárkányszelvény, illetve egy henger körüli áramlásban fellépő sűrűséggradiens-eloszlást mutat, a 18. ábrán pedig az  $M = 0,815$  Mach-szám esetén megfigyelt  $\lambda$  alakú hullámot látjuk. Ez utóbbi lamináris határreteg [13] esetén lép fel a szárnyprofil körül kialakult hangontúli tartományban.

Minthogy a lökéshullámok gyors rezgéseket végeznek [14], a hosszú (1 mp) expozíciós idő folytán a lökéshullámok képe elmosódott. A hullámok struktúrájának pontosabb tanulmányozására  $10^{-6}$  mp nagyságrendű expozíciós időt megvalósító berendezés (pl. szikraköz) alkalmazása szükséges.



18. ábra.  $\lambda$  alakú lökéshullám a szárnyprofil körül kialakult hangon túli tartományban. Az alapáramlásra vonatkozólag  $M = 0,815$ .

### Összefoglalás

Az ipar és honvédelem problémái között egyre gyakrabban fordulnak elő olyanok, melyeknek megoldásához nagy, a hang sebességével összemérhető áramlási sebesség mellett végzett kísérletek szükségesek. A szakaszos üzemű szélcsatornák kisebb létesítési költségeik miatt alkalmasabbak erre a célra, mint az állandó üzeműek. Ezek közül egyszerű szerkezeténél fogva a beszívócsatorna az, amely szükség esetén a legkönnyebben létesíthető, üzemekben meglevő berendezéshez, tartályhoz, szivattyúhoz könnyen illeszthető, s amelytől eredmény a leggyorsabban várható. Az ezen cikkben foglaltak alapján az ilyen berendezés főbb méreteinek megállapítása az adottságok mérlegelése után könnyűszerrel megejthető.

Befejezésül köszönettel emlékezem meg a Magyar Tudományos Akadémia Műszaki Tudományok Osztálya támogatásáról, melyben mint ösztöndíjas részesültem. Köszönettel tartozom konzulensemnek, Dr. Gruber Józsefnek, az Aerodinamikai Tanszék vezetőjének, valamint Blahó Miklós intézeti tanárnak értékes útmutatásaikért, valamint a szélcsatorna megtervezése s a kísérletek végrehajtása terén nyújtott támogatásukért.

### SZAKIRODALOM :

- [1] *Ackeret* : Das Institut für Aerodynamik an der E. T. H. Mitteilungen aus dem Institut für Aerodynamik an der E. T. H. No. 8. Zürich, 1943.
- [2] *Levinszon* : Aerodinamika bolsih szkorosztei. Moszkva, 1950.
- [3] *Liepmann, Puckett* : Introduction to Aerodynamics of a Compressible Fluid. New-York, 1947.



- [4] Lojczijanskij : *Mehanika zsidkosztyi i gaza*. Moszkva, 1950.
- [5] *Liepmann, Puckett* : i. m. 83—84. old.
- [6] *Ackeret* : *Windkanale für hohe Geschwindigkeiten*. Convegno Volta. Róma, 1936. 517—518. old.
- [7] *Beavan, Holder* : *Recent Developments in High Speed Research*. Journal of the Royal Aeronautical Soc. Vol. 54. 1950. 561. old.
- [8] *Popov* : *Izmerenie vozdušnüh potokov*. Moszkva, 1947. 239—255. old.
- [9] *Buseman* : *Gasdyanmik*. Wien, *Harms* : *Handbuch der Experimentalphysik*. Leipzig, 1931. Bd. IV. 1. 416. old.
- [10] U. o. : 430. old.
- [11] *Dailey, Wood* : *Computation Curves for Compressible Fluid Problems*. New-York, 1949.
- [12] *Pinkel* : *Equations for the Design of Two-dimensional Supersonic Nozzles*. N. A. C. A. Rep. 907.
- [13] *Liepmann* : *The Interaction Between Boundary Layer and Shock Waves in Transonic Flow*. Journal of the Aeronautical Sciences. Vol. 13. 1946. 632—637. old.
- [14] *Liepmann, Ashkenas* : *Shock Wave Oscillations in Windtunnels*. Journal of the Aeronautical Sciences, Vol. 14. 1947. 295—302. old.



# A NAGYOLVASZTÓSALAK SZÁRAZ SZEMCSÉZÉSE

FORBÁTH RÓBERT

*Beérkezett 1951. nov. 9.*

A nagyolvasztó salakja a nyersvas kohósításának egyik mellékterméke. Mennyisége a kohósított érc meddőtartalmától és a koks hamujától függ. 1 tonna nyersvasra általában 300 kg-tól 1,5 tonnáig terjedő mennyiségben keletkezik, világátlagban 600 kg/tonna nyersvas. A magyar vasművekben 1 tonna nyersvasra 1—1,1 tonna salak keletkezik. Ez a mennyiség, tekintve a salak aránylag kis (2,7—3,1) fajsúlyát, óriási tömeg és az évek folyamán már felgyűlt mennyiséggel együtt hatalmas hegyeket képez. Ezek a hegyek a kohóművek amúgyis szűk területének jelentős részét veszik el és akadályozzák a további építést. A jelenlegi salakhányók már a gyárterületeken kívül vannak, ezt a távolságot azonban szállítóeszközök lekötésével és súlyos szállítási költségekkel kell megfizetni. Ózdon 1 tonna folyékony salaknak hányóra szállítása 3.45 Ft, Diósgyőrött kb. 6.— Ft-ba kerül. A kohósalaknak a hányóra való kidobása a helyproblémán és a szállítás kérdésén felül egyben nagymennyiségű hasznos anyagnak és melegnek a megsemmisítését is jelenti.

A kohósalak értékesítése ezért igen régi problémája a kohászoknak és az első kísérletek a XVIII. századig nyulnak vissza. A modern kohászattal együtt fejlődtek ezek a salakfelhasználási területek és azok az eljárások, amelyekkel a salakot felhasználhatóvá tehetjük. Mégis, egyetlen országban sem sikerült eddig a kohósalak maradéktalan értékesítését megoldani; az ebből a szempontból legfejlettebb országok kohászata is csak  $\frac{2}{3}$  részét tudta salaktermelésének feldolgozni. Különösen kezdetleges az értékesítés Magyarországon, aminek okára később visszatérek.

A salak felhasználási lehetőségét elsősorban minősége, tehát kémiai összetétele és fizikai állapota dönti el.

## *I. A salak minősége*

A nagyolvasztósalak tulajdonságait az ércbetét, a koks hamu és a salakképző adalékanyagok, valamint maga a kohósítási folyamat határozza meg. A salakban gyűlnek össze a redukálatlan és el nem gőzölgő alkatrészek, amelyek egymással vegyületet és oldatokat képeznek. Az igen nagyszámú vegyület között a  $\text{SiO}_2$  —  $\text{Al}_2\text{O}_3$  —  $\text{CaO}$  hármasrendszer adja meg a salak jellegét, amelynek vizsgálata a Rankin-diagrammban (1) jut kifejezésre.



ezenkívül nyomokban mindig található Ti, Sr, P, Cl, V, Cr és még számos egyéb elem.

A számos vegyület tüzfolyó állapotban egymásban oldódik, lassú lehűtésnél pedig különböző kristályos elegyek válnak ki. Ezek közül legjellemzőbbek a következők:

anortit.....	$\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2 \text{SiO}_2$
gehlenit .....	$2 \text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$
akermanit .....	$2 \text{CaO} \cdot \text{MgO} \cdot 2 \text{SiO}_2$
melilit, gehlenit és akermanit elegykristálya, a salak főalkatrésze	
bikalciumszilikát .....	$2 \text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$
trikalciumszilikát .....	$3 \text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$
trikalciumaluminát .....	$3 \text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$
kalciumaluminát .....	$\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$
olivin (monticellit) .....	$(\text{Ca}, \text{Mg})\text{O} \cdot \text{SiO}_2$
wollastonit .....	$\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$
szulfidok .....	$\text{CaS}, \text{MnS}, \text{FeS}$
oxidok .....	$\text{FeO}, \text{MnO},$

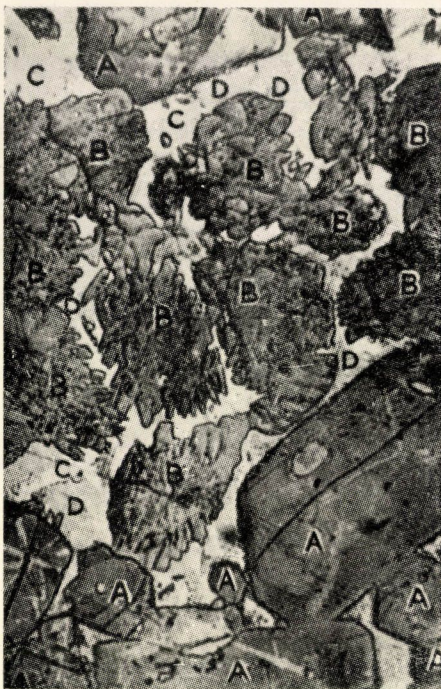
továbbá ezek elegykristályai, különböző módosulataik és még számos ritkábban előforduló kristályalak. Ezek mellett legtöbbször még át nem alakult üveg is van.

A kristályosodás feltétele a lassú hűlés, míg gyors hűtésnél, pl. vízbeöntve a folyékony salak túlhűtött folyadék alakjában, üvegszerűen dermed. Az ilyen üvegszerű salak polarizációs mikroszkóp alatt is amorf szerkezetet mutat, röntgen-diagrammja pedig elmosódott.

A lassan hűtött — kristályos és a túlhűtött — üvegszerű salak fizikai tulajdonságai igen eltérőek. Míg a kristályos salak az egymásba fonódó kristályszerkezet révén szilárd, ütésnek, nyomásnak ellenálló mesterséges kőzetet alkot, addig hirtelen hűtve rideg, önmagától, vagy kis ütéstől szemcsésen széteső üveget képez. Ez utóbbi tulajdonságot használják fel a szemcsézésre (granulációra) és ezzel a jelenséggel később még behatóan kell foglalkoznunk.

A folyékony salak hőmérséklete a nyersvas hőmérsékleténél valamivel nagyobb. A »felső salak«, tehát a salakcsapolónyílásból vett salak 50—80°-kal magasabb hőmérsékletű, mint a nyersvassal kifolyó »alsó salak«, hiszen közelebb van a fúvószinthez. Acélnyersvas gyártásánál a felső salak hőmérséklete a csapolónyílásnál 1500—1550°, az alsó salaké 1450—1500°. A hőfok mérése hőelemmel vagy optikai pirométerrel történik, utóbbinál figyelembe kell venni, hogy a salak emisszióképessége csak kb. 0,6.

A hőmérséklet a salak feldolgozása szempontjából igen fontos körülmény, mert pl. cementgyártáshoz vagy habsalakgyártáshoz csak forró salakból lehet kiindulni. A salak igen jó hőszigetelő, így üstben szállítva a felületen keletkező



2. ábra. Darabos salak szövete

A = melilit, B = gehlenit, C = üveges rész, D = anortit. Nagyítás: 500×, 1% Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>-oldattal maratva

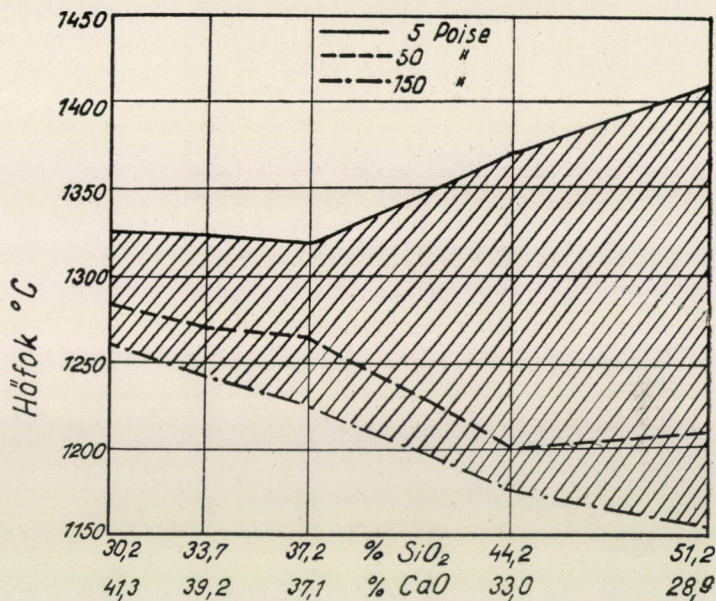
vékony kéreg jól megvédi az olvadékot a további lehűléstől és ez lehetővé teszi, hogy a csapolási helytől nagyobb távolságra szállíthassuk feldolgozás céljára.

A salakolvadék viszkozitása szintén fontos a feldolgozás szempontjából, mert csak könnyen folyó salak dolgozható fel szemcsésítés útján. A viszkozitás mérése történhet golyós viszkoziméterrel, forgóhengeres viszkoziméterrel, Herty-féle öntési próbával stb. Üzemi viszonylatban az ú. n. fonalpróba ad közelítő felvilágosítást a viszonylagos viszkozitásról. Vaskampóval fonalat húznak az olvadékból és a fonal hosszúságából következtetnek a viszkozításra, azaz helyesebben a »folyóssági periódus«-ra. A kampón húzott fonal szerinti »hosszú salak« folyóssági periódusa nagy, tehát a viszkozitás növekedése a megdermedésig 200—250°-os periódusban zajlik le, a kampón lógó salakcseppnek ideje van hosszú fonallá nyulni. A »rövid salak« folyóssági periódusa szűk, 80—150°, ezért a fonal hamar elszakad [1 a].

Mivel a viszkozitást és a folyóssági periódust a kémiai összetétel befolyásolja, a fonalpróba durva támpontot nyújt a salak kémiai jellegére. A SiO<sub>2</sub>-tartalom növekedése növeli a viszkozitást, de növeli a folyóssági periódust is. A CaO-tartalom növelése ellenkezőleg hat. Ezért a kovasavban dús, tehát savanyú

salak »hosszú«, a bázisos salak »rövid«. Az  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -tartalom savanyú salaknál növeli, bázisosnál csökkenti, az  $\text{MgO}$ ,  $\text{MnO}$  és  $\text{FeO}$  mindig csökkenti a viszkozitást.

*A salak kémiai jellege.* A salak feldolgozása szempontjából elsősorban a kémiai jelleg döntő. Általában bázisos vagy savanyú salakról beszélünk, azonban a salakelemzés adataiból ez nem mindig határozható meg egyértelműen. Szinte



3. ábra. A viszkozitás változása a kovásvartartalom függvényében

országoként más és más jellemzőket használnak a bázisosság meghatározására. Valószínűleg egyik módszernek sincs különösebb tudományos alapja, de a további feldolgozás szempontjából jó gyakorlati mutatószámokat kapunk a salak értékelésére.

Elvileg annál bázisosabb a salak, minél nagyobb az affinitása kovásvav lekötésére és minél inkább segíti elő bázisos oxidok redukcióját, illetve nehezíti savanyú oxidokét. A salak megkívánt bázicitását tehát mindenkor a kohósítás szükséglete szerint állítjuk be.

Így pl. a tiszta faszénnel dolgozó nagyolvasztók salakja savanyú, míg a nálunk dolgozó kéntartalmú koksszal járó nagyolvasztó bázisos salakkal működik főleg a kén eltávolítására, egyben a Mn jó redukciója miatt.

Gyakorlati mérőszámnak a kohászatban gyakran alkalmazzák a  $p = \frac{\text{CaO}}{\text{SiO}_2}$  salakszámot. Ez elhanyagolja a salak egyéb bázisos és savas alkotórészeit.

A további feldolgozás, különösen a cementsalak gyártásánál a salak megítélésére legjobban bevált a Szovjetunióban kidolgozott szabványszám [2].

$$\text{alapmodulus : } P = \frac{\text{Ca O} + \text{Mg O}}{\text{Si O}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3} \text{ és}$$

$$\text{aktivitási index : } a = \frac{\text{Si O}_2}{\text{Al}_2\text{O}_3} .$$

Eszerint I.-rendű salaknál  $P > 1$ ,  $a < 4$ , II.-rendűnél  $P > 1$ ,  $a < 5$ .

Jó útmutatást ad a Keil-féle hidraulikus tényező

$$F = \frac{\text{Ca O} + \text{Ca S} + \frac{1}{2}\text{Mg O} + \text{Al}_2\text{O}_3}{\text{Si O}_2 + \text{Mn O}} \text{ is.} \quad [3]$$

Elsőrendű cementsalaknál  $P > 1,7$ , II.-rendűnél  $P = 1,4—1,7$ , III.-rendű salaknál  $P < 1,4$ .

Ezek a mutatószámok a salak hidraulikus tulajdonságait is meghatározzák (a lehűtési módtól eltekintve) és ezért a cementipari gyakorlat számára igen értékesek.

A kohósalak egyik válfaja az aluminátsalak, amely bauxitnyersvas gyártásánál keletkezik. Ebben 10%-nál kisebb  $\text{SiO}_2$ -tartalom mellett 40% feletti CaO és 40% feletti  $\text{Al}_2\text{O}_3$  van. Ez megőrölten közvetlenül kitűnő, gyorsan kötő cementet ad.

Jelentésemben most csak az eddig is tárgyalt szilikátsalakokkal foglalkozom, mivel nagyolvasztóink jelenleg kizárólag ezt a salakot termelik.

A kohósalak általános tulajdonságaival csak olyan mértékben foglalkoztam, amennyiben ez a témát képező kutatás megértéséhez szükséges. A salakok különböző jellegzetességének vizsgálatával számos részletes munka foglalkozik, amelyek közül utalok Pavlov [4], Guttman [5] és Keil [6] műveire.

## II. A salak felhasználásának módjai

A kohósalak felhasználhatósága sokoldalú és általában a következő területeken alkalmazható :

I. Szemcsézett (granulált) salak : főleg cementgyártáshoz és salaktégla-gyártáshoz.

II. Habsalak : hőszigeteléshez, könnyű beton és könnyű téglák készítéséhez.

III. Darabos salak : mindenfajta útépitéshez, salaktéglához, betonkavicsként. Továbbá, mint öntött burkoló és formakő.

IV. Salakgyapot.

V. Talajjavításra műtrágyaként ; üvegyártásra, töltőanyagként és egyéb kisméretű felhasználásra.



Kutatásunk célja az I. csoport, tehát a szemcsézett salak kérdésének megoldását célozta; a teljesség kedvéért itt röviden az egyéb felhasználási lehetőségeket is ismertetem.

*Habsalak* : olcsó hőszigetelőanyagként igen jól felhasználható és külföldön nagyon elterjedt. Előállítására csak olyan salak alkalmas, amelynek a »folyóssági periódusa« nagy, tehát a hosszú és forró salak, mert gyártása éppen azon alapul, hogy a folyékony salakot kevés vízzel hozzuk érintkezésbe, a lehülés közben felszabaduló gázok a nyúlós salakban számtalan apró hólyagot képeznek és a salakot felhabosítják.

A habsalak jó hőszigetelő tulajdonságait nagymértékű porozitásának köszönheti. A pórusok zártak és egyenletesen oszlanak el, ezért nem túlságosan vízszívó. Liter súlya kicsi, 0,3—0,75 kg-ig terjed és a legtöbb gyakorlati célra elég szilárd. Magasabb hőmérsékleten is megtartja hőszigetelő tulajdonságait. 0,6 kg liter súlyú habsalak hővezetőképessége 50°-nál 0,09 Kcal/m h°, 600°-nál 0,258 Kcal/m h°, de még 1000°-on is használható.

Könnyű téglába, betonba keverve a térfogatsúlyt felére csökkenti és elég szilárd terméket ad.

Előállítására több bevált módszer van, melyek közül az ú. n. vályus kerék a legalkalmasabb. Csehszlovákiában és Németországban nagyteljesítményű készülékekkel látják el a szükségletet. Magyarországon a nagyolvasztósalak általában nem esik a Rankin-diagramm azon területébe, amelyik habsalak gyártásra alkalmas. Időnként előforduló hosszú salakokkal azonban kisebb-mérvű gyártás lehetőségét meg lehetne vizsgálni.

*Darabos salak* : a lassan hűtött salak a fentebb említett kristályos, közszerű alakot ölti. Jól kristályosodott salak bazaltszerűen tömör és azt szilárdság szempontjából is megközelíti, mert 1300—2400 kg/cm<sup>2</sup> nyomószilárdságú. Fagyálló, ütő- és kopásslárdsága is megfelelő, felülete érdes. Ezek a tulajdonságok teszik alkalmassá útépítő, vágányalj zat- és betonkavicsanyagnak. Előállításánál a lassú hűtésre kell ügyelni, ezért homokágyba, több rétegben öntik (temperálják). Finom szállóporral való beoltással lehet a kristályosodást elősegíteni.

A Magyarországon előállított darabos salak minősége gyenge, mert előállítása részben szakszerűtlenül történik, másrészt a salak kémiai összetétele nem a legalkalmasabb. Így a darabos salak nyomószilárdsága 600—800 kg/cm<sup>2</sup>, rendszerint porózus és igen gyakran szétesésre hajlamos. A szétesés a bázisos salak gyakori jellegzetessége, amit  $\beta$  — bikalciumszilikátnak  $\gamma$  — módosulatba való átváltozása okoz. Ez 10%-os térfogatnövekedéssel jár és valósággal szétrobbantja a salakot.

A darabos salakhoz tartozik az öntött salakkövek gyártása is, melyeket a lemezformák költségei miatt inkább nagyméretű, pl. 40 cm élhosszú gátkövek alakjában állítanak elő. A Szovjetunióban, Vlodavszkij cikke szerint, a vízépítésben eléggé elterjedtek. Ha a darabos salak igen hólyagos, akkor a szivacs-

szerű köveket víztisztításra jól fel lehet használni. Nedves homokágyba öntve és felülről locsolva lehet ilyen vízderítő követ előállítani.

*Salakgyapot.* A salakgyapotipar állítja elő a legértékesebb salakterméket. Mint kiváló hőszigetelőt mozdonyok, hűtőberendezések, stúdiók stb. szigetelésére használják. Előállítása külön kúpolóban átolvasztott salakból történik, ahol a kifolyó salakot erős gáz- vagy levegősugárral finom szálakká bontják. Mivel erre a célra is a hosszú salak felel meg, gyakran kvarcliszt hozzáadásával növelik a savasságát és ezzel a folyóssági periódust.

*Egyéb felhasználás.* A salakliszt mésztartalma savanyú talajoknál kitűnő talajjavító; a mangántartalomnak is növekedést serkentő hatása van. Az üvegyipar is használhat salakot, a salak üveghez hasonló összetétele lehetővé teszi, hogy egyes technikai üvegeknél a nyersanyagok 20—30%-át helyettesítsék salakkal [7]. Ismeretes még a salak felhasználása kitermelt bányák feltöltésére, továbbá kísérleteztek a salak kéntartalmának kinyerésével, ami azonban nem bizonyult gazdaságosnak.

Magyarországon a sok lehetőség közül csak igen keveset használtak ki eddig. A keletkező salaknak kb. 10%-át szemcsézik és adják át a cementgyáraknak, kb. 5%-át salaktéglában, 8%-át darabos salakként és további 1%-ot salakgyapot alakjában és egyéb célra használják. Átlagban tehát a salak  $\frac{3}{4}$  részét visszük hányóra, tetemes költséggel és fáradtsággal.

Országunkban az ötéves terv hatalmas építészeti feladatai óriási cementmennyiséget igényelnek. Mivel a szemcsézett salak megfelelő minőség mellett kitűnő cementet ad, a salakfeldolgozás szükségszerűen ebbe az irányba halad. A tervek szerint Magyarország teljes jelenlegi salaktermelése sem fedezné a cementgyárak szükségletét és az új Dunai Vasmű salaktermelésének nagyobb részét is fel tudnák venni, ha a szemcsézett salak megfelelő minőségű lenne. Ennek a megvizsgálása és a jelenlegi, nem megfelelő módszer helyett új eljárás kidolgozása volt a kutatás feladata.

### III. A szemcsézett salak

A) *Jellegzetessége*: Említettük, hogy az üveges, tehát túlhűtött folyadék-jelleg a szemcsézés feltétele. Az üveges állapotban megdermedt olvadékban az egyes oxidok nem tudtak kristályosodni, az átalakulási hő, mint energia-potenciál, a túlhűtött olvadékban »rejtve maradt«. Ezért ez az állapot termodinamikailag labilis, azaz a túlhűtött salak nagyobb energiataralommal érte el a szobahőfokot, mintha a kristályosodás végbe ment volna. Le Chatelier [9] ezzel magyarázza a túlhűtött salak hidraulikus energiáját. A túlhűtött salak nagyobb energiataralmát számos kísérlet igazolta, számszerűleg a kristályos és túlhűtött salak közti melegtartalom-különbség 40—80 Kal/kg, ami megfelel a bikalciumszilikát  $2 \text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$  és kalciumszilikát  $\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$  képződési hőjének:  $Q \approx 180 \text{ cal/g}$  [10, 11, 12].

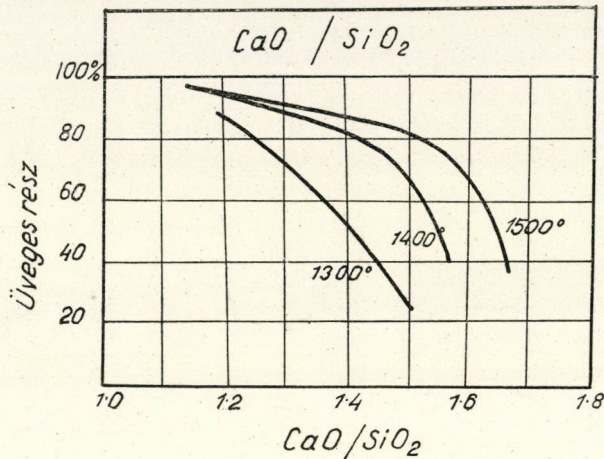
A túlhűtött salak hidraulikus tulajdonságú, vízzel megkeverve levegőn és víz alatt megszilárdul, mint az ismert portlandcement. Míg azonban a portlandcement önmagában is eléri teljes szilárdságát, addig a szemcsézett salak önmagában csak kevésbé hidraulikus és teljes képességének kifejtéséhez »aktivátor«-ra (gerjesztőre) van szükség. Ezért a szemcsézett salakot »látens hidraulikus« anyagnak nevezik. A látens hidraulikus tulajdonságokat kiváltó gerjesztők 2 csoportba oszlanak, az alkáliás és szulfátos gerjesztőkre, tehát az  $\text{OH}'$  és a  $\text{SO}_4''$ -ionok bírnak kiváltó hatással. Ilyen gerjesztők az alkáliás csoportban a mész, a kristályos nagyolvasztósalak, nátron és kálilúg, de főleg a portlandcement; a szulfátcsoportból gipszkő, anhidrit, nátriumsulfát. Cementgyártásra elsősorban a portlandcementet használják, amelyeknek 66% körüli  $\text{CaO}$ -tartalma elegendő  $\text{OH}'$ -iónt bocsát rendelkezésre, egyben önmaga is hidraulikus kötőanyag. Mésszel való aktivizálásnál a gyengébb szilárdságú hidraulikus habarcsokat kapjuk. A salaktéglagyártásban a kristályos, őrlött salak gerjesztő tulajdonságait használjuk fel, melyek a bi- és trikalciumszilikátok hidrolízisének felszabaduló  $\text{Ca}/\text{OH}/_2$  alkálításán alapulnak. A szulfátos gerjesztők közül elsősorban a gipszkő kerül alkalmazásra, rendszerint portlandcement-klinkerrel együtt. A nagyobb  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -tartalmú salakok, főleg 16%  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -on felül, azonban szulfátos gerjesztővel önmagukban is kitűnő cementet adnak. Az ilyen »ciment sursulfaték«-ben 12—14% gipszkő is van.

A túlhűtött salak látens hidraulikus tulajdonságának egyérte'mű magyarázatával a szilikát — tudomány mai napig is adós maradt. Le Chatelier [9] szerint a megszilárdulás a kristályosodás alatti finom túszerkezet összefonódásának következménye, míg Michaelis, Grün és Nacken [13] szerint kolloid-kémiai folyamatokban a kovasav gélszerűen összeragasztja a szemcséket. Kétségtelenül hozzájárul ehhez a rekristallizációs hő is. Brandenberger [14] szerint az  $\alpha$ - és  $\beta$ -bikalciumszilikát térrács-szerkezetében a Ca-atomok és a Si-elemek labilis O-atomcsoportokkal vannak körülvéve, amelyek megfelelő gerjesztők hatására vízzel reagálnak és a szilikátok megbomlanak. Pokatilovszkaja [15] szerint az amorf kovasav döntő jelentőségű a megszilárdulási folyamatra.

Világosabban sikerül a salak üveges állapotának feltételeit meghatározni. A salak annál könnyebben hozható üveges állapotba, minél savanyúbb és minél melegebb állapotról hűtjük. Minél bázisosabb, annál inkább hajlamos kristálymagok képzésére, tehát annál nehezebben őrizhető meg az üveges állapot. Ezt a kiindulási hőmérséklet növelésével és a lehűtési sebesség fokozásával lehet egyensúlyozni. Az egyes oxidok különböző viselkedésére jó tájékoztatást nyújtanak Schumacher diagrammjai [16].

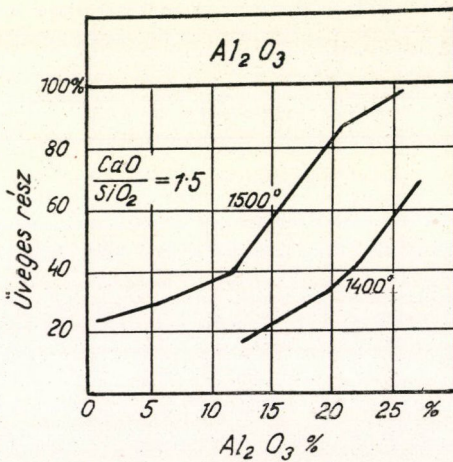
A jó cementsalak kritériuma az előző fejezetben közölt kémiai összetételen kívül a minél teljesebb üvegeesség, azaz mennél kevesebb kristályos, nem hidraulikus rész. Látjuk, hogy a két követelmény — a bázisosság és az üvegeesség — egymással ellentétes.

Az üveges állapot eléréséhez szükséges hűlési sebesség megállapításával keveset foglalkozik az irodalom. Néhány saját kísérletet később fogok megemlíteni, ugyanott a kritikus hőmérséklet kérdésével is foglalkozom.



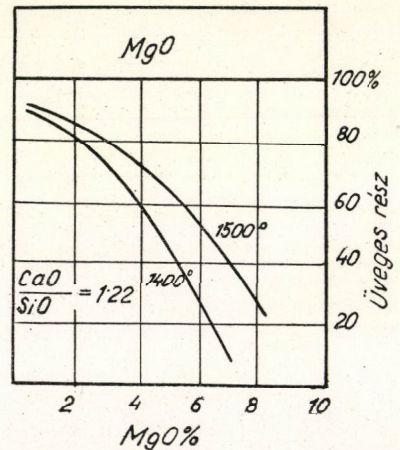
4. ábra

A szükséges kiindulási hőfok és az üveges rész függése a  $\frac{\text{CaO}}{\text{SiO}_2}$  viszonytól



5. ábra

Az  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -tartalom hatása a túlhűtöttségre



6. ábra

A  $\text{MgO}$ -tartalom hatása a túlhűtöttségre

A hirtelen hűtött, szemcsézett salak egyik döntő tulajdonsága a további feldolgozás szempontjából annak nagymértékű vízfelszívó képessége. A folyékony salak vízzel érintkezve hirtelen igyekszik a benne oldott gázokat eltávolítani, így a nyúlóssá vált anyag igen sok apró gázpörüst rejt magában. Ezt a makro-

és mikropórusos szivacsos szerkezetet az apró szemcsékre széthulló salak minden egyes része megtartja. A vízzel való érintkezésnél tehát a pórusok még melegen vízgőzzel telnek meg, a kondenzáció alatt pedig mind a nagy felületen, mind pedig a pórusokban nagymennyiségű víz adszorbeálódik. A vízfelvevőképesség egészen 60%-ig terjed és a salak szorosan tartja a nedvességet.

A már egyszer vízzel telített salak kiszárítása igen nehéz feladat. A halomban álló salak felülete kiszárad, de mivel a száraz réteg kitűnő hőszigetelő, a mélyebb rétegek hosszú ideig őrzik víztartalmukat. *A mesterséges szárítás* ezért költséges és nagy melegmennyiséget emészt.

A gyors hűtés egyetlen reális módja azonban éppen a vízzel való hűtés, amint azt később igazolni fogjuk, ez pedig a szemcsézett salak nagy víztartalmával jár együtt. A gyorsan hűtött salak jó hidraulikus tulajdonságai és a lehetőleg gazdaságosan kis víztartalom — mindkettő a cementipar követelménye — megint ellentétesek.

A szemcsézett salak nagy víztartalmának súlyos gazdasági kihatását bizonyítja a magyar helyzet. Nagyolvasztóinknál a szemcsézett salak 30—60%, átlag 40% víztartalmú. Mivel a cementgyárak szárító kapacitása igen kicsi, csak annyi salakot kevernek a forró cementklinkerhez, amennyit annak önmelege ki tud szárítani. Ez a gyakorlat alapján nem lehet több, mint a klinker 8—10%-a. A meleg klinkerhez való keverés azonkívül elég körülményes is.

A külföldi kohócementek azonban 30—80% súlyrész nagyolvasztószalakkal készülnek, ami egyrészt igen olcsóvá teszi, másrészt ugrásszerűen megnöveli a cementtermelést. Az ilyen nagymértékű alkalmazás egyetlen akadálya nálunk a szemcse nagy víztartalma és ez egyben annak is az oka, hogy kohóüzemeink salaktermelésük egészen jelentéktelen részét tudják csak értékesíteni.

Ilyen okok miatt terjedtek el külföldön az ú.n. félszáraz szemcséző eljárások, amelyek a hidraulikus tulajdonságok lehető megóvása mellett igyekeznek a kész szemcse víztartalmát csökkenteni.

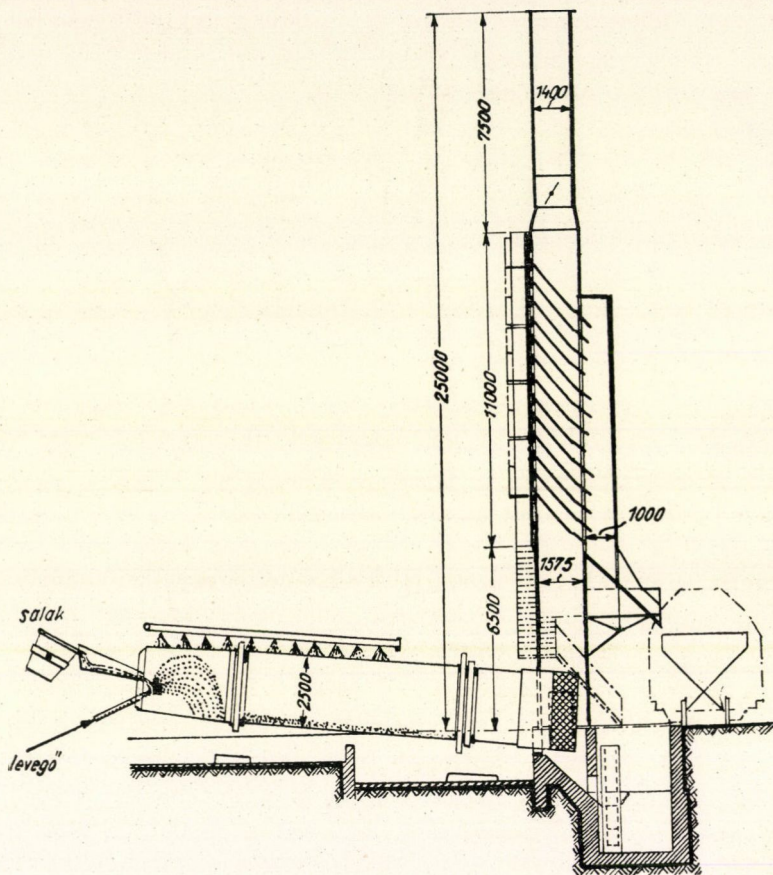
B) *A szemcsézett salak előállítására*: 1862. óta több száz szabadalom és irodalmi leírás foglalkozik szemcséző eljárásokkal, amelyek közül csak igen kevés rendelkezik elvi alappal, vagy gyakorlati értékkel. A legjobban elterjedtek közül néhányat ismertetek:

a) a közönséges vizes granuláció egyik korszerű változata a központi medencés rendszer. Számos ilyen dolgozik a Szovjetunióban, Csehszlovákiában, Franciaországban és Németországban. Nagy központi vízmedencébe ürítik a folyékony salakot, majd markolódaruval emelik ki és rakják vagonba. Víztartalma természetesen nagy; kisebb a víztartalom, ha a medencéből előbb egy tárolóbunkerba rakják, ahol a nem tapadó víz le tud csurogni.

b) A magyar vasműveknél folyó szemcsézés műszakilag igen egyszerű. A salakcsatorna alá helyezett vályun keresztül bő vízsugárral együtt egyenesen a vagonba folytatják a szemcsét. A salak a lehetőség szerint teleszívja magát,

ezért a víztartalom 30—60%-os. Hidraulikus tulajdonságok szempontjából a bő vízzel granulált salak kifogástalan.

c) A Jantzen-féle »száraz szemcsésző« a folyékony salakot nedves sajtolt levegővel, vízzel, külsőleg hűtött dobba fújja. A vízmennyiség adagolásával éri el a kellő nedvességtartalmat [17]. Ma már alig használják, mert a sajtolt



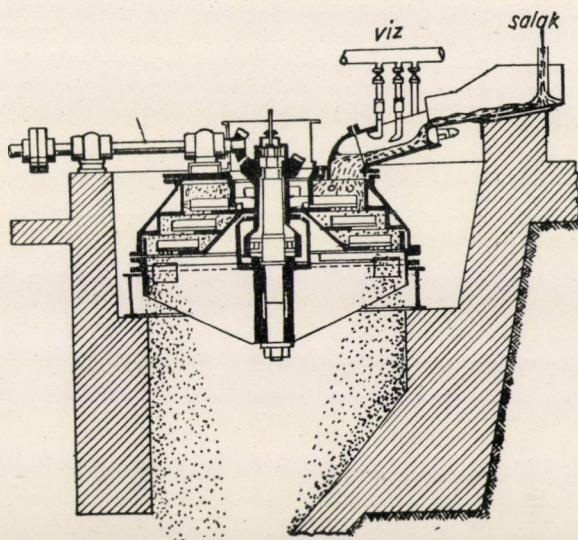
7. ábra

A Jantzen-féle levegőszemcsésző

levegőáram a salakból szálakat húz, a salakgyapot igen nehezen őrlhető a cementgyári golyósmalomban. További hibája a nagy levegőfogyasztás, emellett a salak nincs megfelelően gyorsan lehűtve, tehát hidraulikus tulajdonságai gyengék.

d) Elterjedtebb az Opterbeek-féle granulálómalom. Ilyen berendezés dolgozik Vitkovice-ban is [18]. A salak adagolt vízmennyiséggel együtt a centrifugaszerűen működő malomba kerül, ahol különböző törőlemezekon apró

szemcsékre hull szét. A berendezés nagy és elég költséges, elhasznált alkatrészek cseréje körülményes. Elvi hibája, hogy a beadagolt víztartalom teljes lehülésig kíséri az anyagot és bent is marad. Ezért jóminőségű szemcse eléréséhez 7—10%



8. ábra

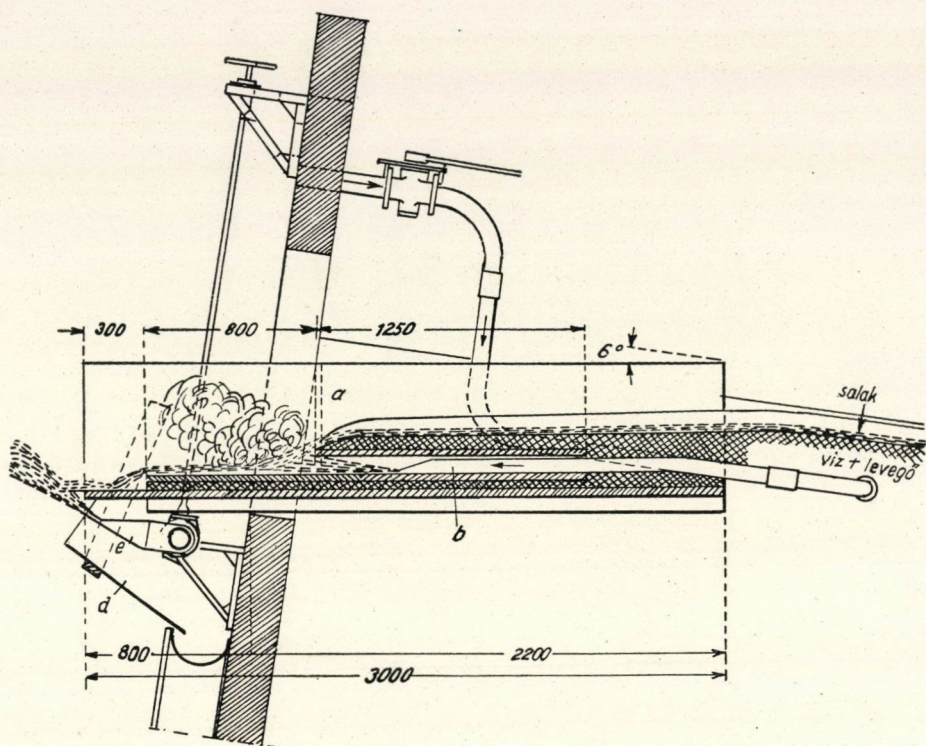
Opterbeck-féle szemcséző-malom

víztartalomra kell beállítani, ami a gyakorlatban gyakran 15%-nál is nagyobb. A szemcse litersúlya elég nagy és őrlése nehéz.

e) Érdekes megoldású a Kralodvur-i szemcséző [18]. A kifolyó salakot kevés vízzel hozza érintkezésbe, majd erőteljes sajtolt légsugárral szórja szét. Elvi hibája, hogy kevés, adagolt vízzel dolgozik és igen nagy levegőfogyasztással. Ennek következtében nem elegendő a hűtési sebesség és igen sok salakgyapot keletkezik, ami a cementgyártás szempontjából nagyon hátrányos.

f) Elvileg leghelyesebben a Szovjetunióban oldották meg a félszáraz szemcsézés kérdését. A Krilov-Kraseninyikov-féle [19] szerkezetnél a folyékony salak egy kamrában 8—16 erős vízsugarat kap, a fe' duzzadt és lehült salaklepeny gyorsan forgó lapátdobra esik, ahonnan a centrifugális erő 15—25 m távolságra hajtja. Ezt a lapátkereket saját készülékemnél, más formában felhasználom. Az elrendezés elvi hibája, hogy pontosan adagolt salak- és vízmennyiséget kíván, aránylag nagy víztartalomra tölti fel a salakot, de a szemcsézés még így sem egészen tökéletes, amit az anyag nagy litersúlya bizonyít. A salakkamra elég bonyolultan tisztítható és ezért kényes. A kész szemcse víztartalma 7—12%, a nagynyomású víz azonkívül szálakat is húz.

A legújabb szovjet kutatás eredményeképpen több helyen áttérnek az ú. n. »vízágyú«-ra, ahol a salak hűtését és továbbítását igen nagynyomású



9. ábra

A Spiess-féle granuláló (Kralodvur)

vízszugárral végzik [20]. Az ismertetés szerint a salak litersúlya nagy ; hidraulikus tulajdonságairól nem tájékoztat.

Összefoglalva megállapítható, hogy lényegileg eddig egyik készülék sem hozott teljes megoldást. Ha sikerült is a víztartalmat csökkenteni, az rendszerint 10% körül mozog. Ennél kisebb víztartalmat már a hidraulikus tulajdonságok erős romlásával kellett megfizetni. Gyakori a termék nagy fajsúlya, ami önmagában nem hiba, de rendszerint nehéz őrlhetőséggel és gyengébb szilárdsággal párosul. A legtöbb berendezés nagyobb beruházást jelent, a készülékek bonyolultak, kényes üzeműek és javításuk nehézkes. Az elvi és apparatív hibák teljes vagy részbeni kiküszöbölését tűztem ki első kutatási feladatként.

#### IV. A kutatások ismertetése

a) Az előzőek ismeretében megkíséreltem, hogy a vízzel telített salakot leszívással víztelenítsem. Higanysos nagy vákuum használatával sem tudtam 8% víztartalom alá jutni, azonkívül a szűrő felülete a mészhidrol zis következtében hamar eldugult. Ez egyébként a Rheinhausen-i üzemi tapasztalatokkal is megegyezik [6].



b) Ezután megpróbáltam a vizet mint hűtőközeget kikapcsolni és levegővel hűteni. Már az elvégzett számítás is meggyőzött az út járhatatlanságáról: a salak fajhője  $20\text{--}1300^\circ$  között  $0,28$ , azaz  $1\text{ kg } 1300^\circ$ -os salak melegtartalma  $350\text{ Kal}$ . Ennek  $200^\circ$ -ra való lehűtéséhez  $5,5\text{ m}^3$  hideg levegő kell. Ha egy óránként  $20$  tonnát termelő nagyolvasztó-egységet veszünk alapul, úgy ez  $110.000\text{ m}^3$  levegőt jelent óránként, tehát kb. kétszer akkora fűvógép szükséges, mint magához a nagyolvasztóhoz. Emellett még a kellő hűtési sebesség sincs biztosítva, nem is említve az elkerülhetetlen gyapotképződést. Ugyanakkor  $1\text{ kg}$  salak lehűtéséhez  $0,55\text{ kg}$  víz szükséges, óránként  $20$  tonna salaktermelésnél tehát  $11\text{ m}^3$  víz.

c) Igyekeztem a jó üveges szerkezet elérésére szükséges hűtési sebességre adatot találni. Irodalmi adat hijján néhány tájékoztató kísérletet végeztem. A forró, folyékony salakot vékony rétegben vízzel permeteztem és lehűltek akkor tekintetem, amikor a kéz elviselte az érintést. A közben letelt időt mértem. A kísérletnél számos kiindulási hibát kellett számításba venni és ezért túlsok feltételezést kellett elfogadnom ahhoz, hogy az eredményeket megbízhatónak tekintsem. Ilyen feltételezések: a kiindulási salak egyforma hőfoka és kémiai összetétele; a végső hőfok megállapítása, ami különösen bizonytalan volt, mert a salak rossz hővezetőképessége miatt a felület már hidegnek tűnt, míg a belsőbb rétegek még forrók voltak stb. Mégis, az eredményekből alábbi durva következtetéseket lehetett levonni:

1.  $6$  másodpercnél hosszabb lehülési idő (kb.  $1300^\circ$ -ról  $50^\circ$ -ra) már számos kristálygöcot eredményez, amit a polarizációs mikroszkóp jól mutat.

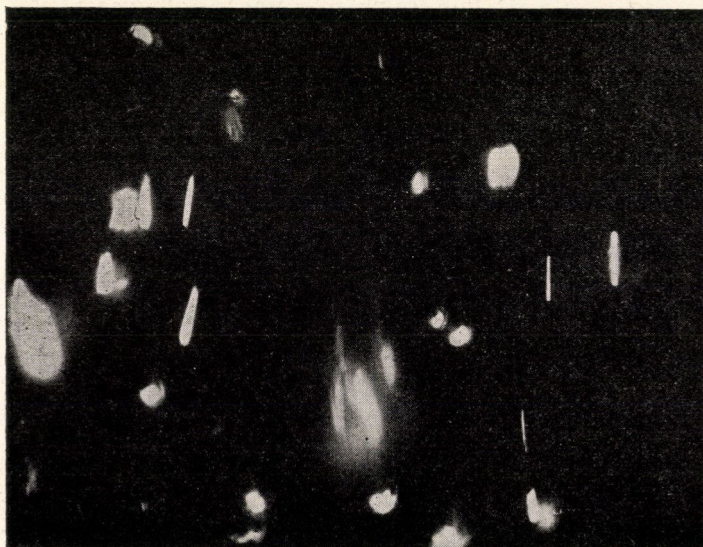
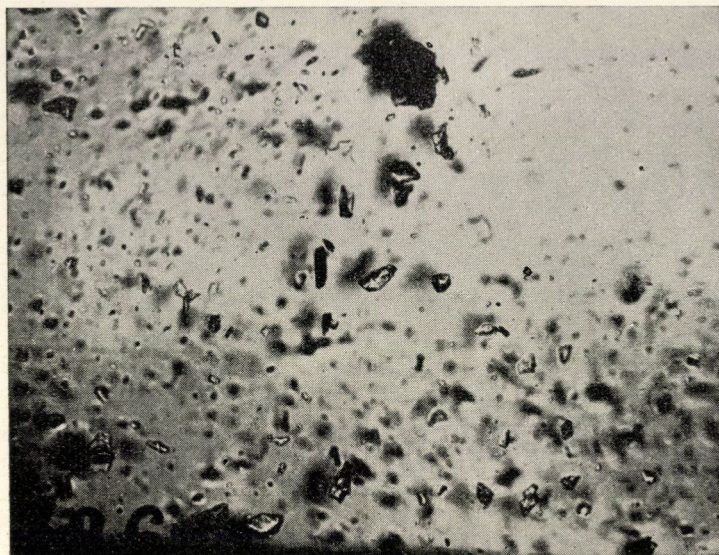
2.  $4$  másodperc alatt hült salak már nagyrészt üveges.

3. Nagyjából teljesen üveges szerkezet elérésére  $500^\circ/\text{sec}$ -nál nagyobb lehülési sebességre van szükség. Ezt csak bőséges, áramló vízzel lehet elérni. Ebből azt a következtetést is levontam, hogy a levegővel való granulálás elvileg helytelen, továbbá, hogy kismennyiségű adagolt hűtővíz a kristályosodás szempontjából veszélyes!

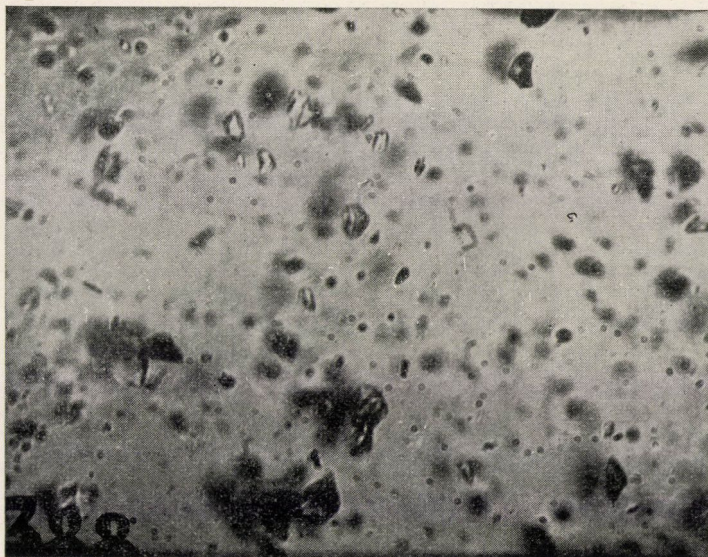
d) A salakot tehát bő vízzel kell az üveges állapotig lehűteni, ami tapasztalat szerint a szemcse nagy víztartalmával jár együtt. Ennek eltávolítása mechanikailag nem megy, mesterséges szárítással gazdaságta'an. A követendő utat a salak saját melegtartalmának hasznosításában láttam és ezért meg kellett keresnem azt a kritikus hőfokot, amelyen alul a kristályosodás veszélye megszűnik. E hőfokig hűtve a salakot, a megmaradt melegtartalmat az adszorbeált víz eltávolítására használom fel.

1. A kritikus hőfok megállapítására a következő irodalmi megállapításokat találtam:

Leclère [21] termikus analízis segítségével igyekezett a salak üvegeességi fokát megállapítani. Az üres kemence és a salakkal töltött kemence melegedési görbéjének különbségéből világosan látható az átalakulási pont, amelyiken a



10/a., 10/b. ábra  
200°/sec. hűtött salak, a) közönséges és b) poláros fényben. N = 200 ×

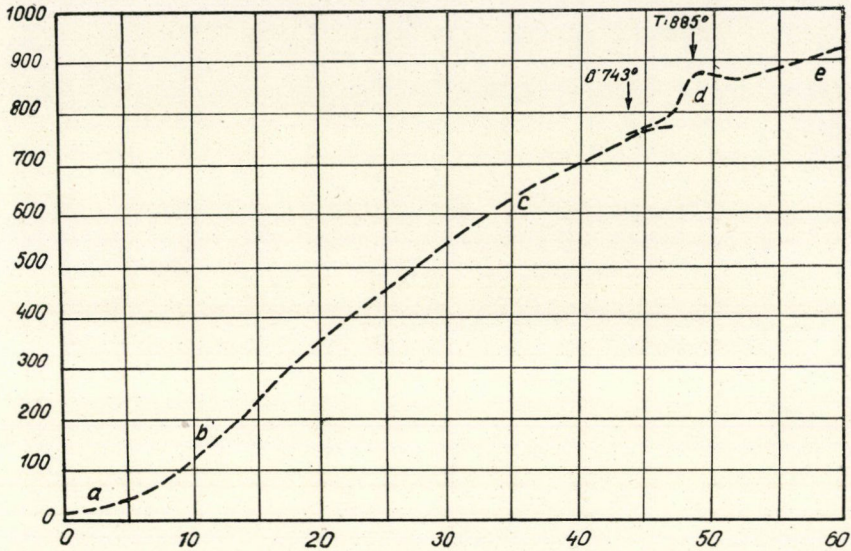


11/a., 11/b. ábra

Kb.  $300^{\circ}/\text{sec}$ . hűtött salak, a) közönséges és b) poláros fényben.  $N = 200 \times$

»rejtett« kristályosodási hő érvényesül és a rekrisztallizáció megindul. Az átalakulás kezdeti pontja  $743^{\circ}$ , a maximum  $885^{\circ}$ -on van.

2. Még jobban és pontosabban igazolják ezt Nicol [22] kísérletei. Ugyanazon túlhűtött salakból különböző mintákat 105, 150, 200, 310, 410, 690, 775, 830 és  $950^{\circ}$ -ra melegített fel, majd azokat a Le Chatelier-Saladin-féle kettős



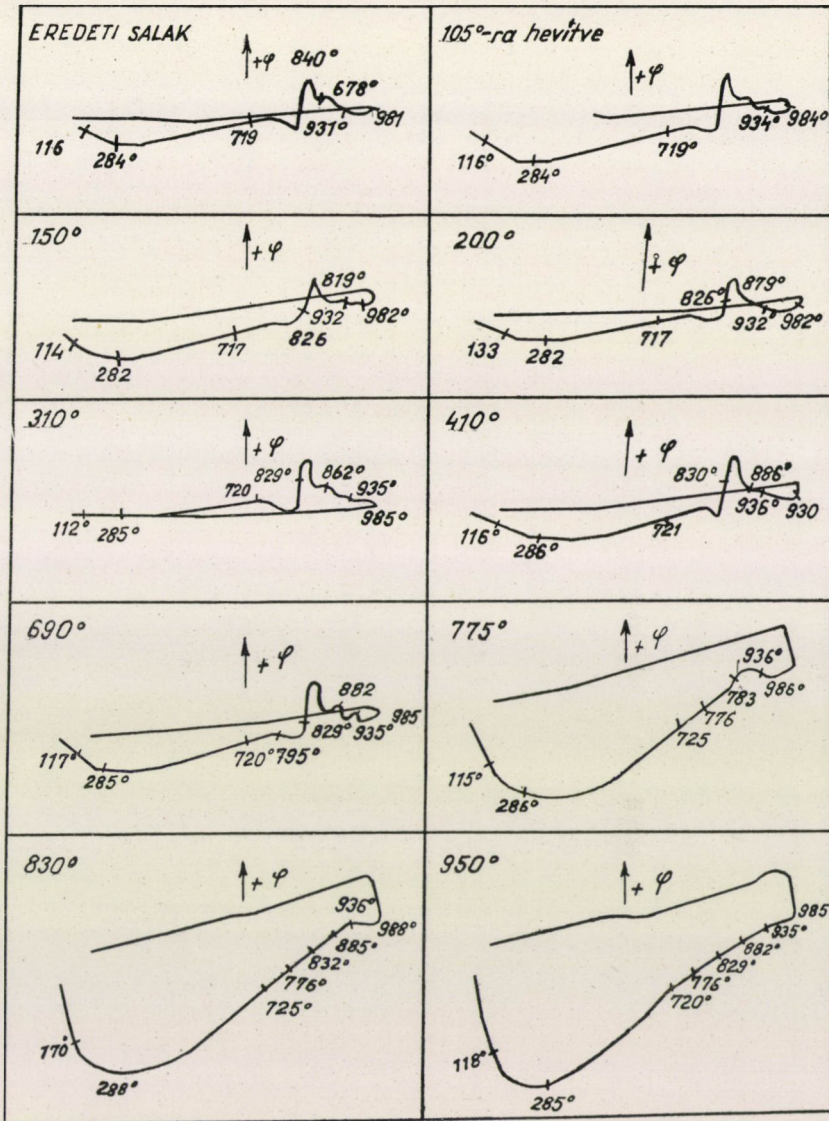
12. ábra  
Túlhűtött salak melegedési görbéje

galvanométerrel, termikus analízissel vizsgálta. Összehasonlításként lineáris melegedéssű semleges anyagot használt és a kapott görbéket fényképezési úton regisztrálta.

Amíg az első 7 ábra  $770^{\circ}$  és  $890^{\circ}$  között világosan mutatja a felszabaduló kristályosodási hő görbe csúcsait, addig a  $775^{\circ}$  és ennél magasabbra előmelegített salakok görbéje lapos, ezek a salakok tehát »döglöttek«.

A megfigyelés helyességét a röntgendiagramm is igazolja, mert csak az utolsó 3 salak mutat jól definiált vonalakat. A dilatációs vizsgálat pedig világosan kimutatja az üveges és a  $950^{\circ}$ -ra előzőleg felmelegített salak közti eltérési maximumot.

A túlhűtött salak visszamelegítésének törvényszerűségét Gille [23] és Gruszcyk [24] olymódon igazolták, hogy különböző salakokat  $100^{\circ}$ -onként emelkedve melegítettek, majd megvizsgálták cementszilárdságukat. Megállapításuk szerint  $600^{\circ}$ -ig való melegítés a salak tulajdonságait nem rontotta, onnan kezdve fokozatosan csökkent a szilárdság, míg a  $800^{\circ}$ -nál (Gruszcyknál  $700^{\circ}$ ) magasabb hőmérsékletre melegített salak már »döglött« volt.



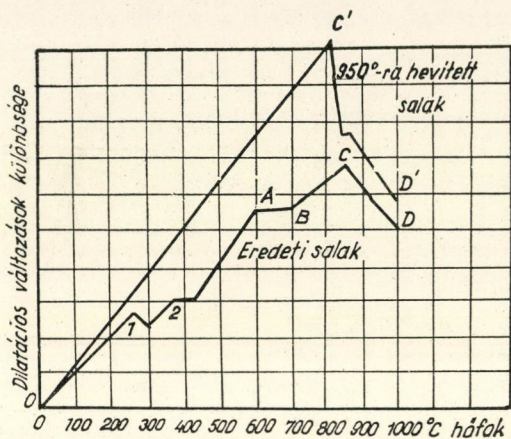
13. ábra

Különböző hőfokon hevített túlhűtött salakok melegedési görbéje

Ezekből az adatokból a fordított irányú következtetést is levonhattam : a folyékony forró salakot elegendő a kritikus hőfok, tehát 885° alá hűteni, hogy az üveges szerkezetet biztosítsuk !

e) A biztonság természetesen alacsonyabb hőfokot kíván, hiszen az átalakulás kezdete 743°, továbbá valószínű, hogy ennél alacsonyabb hőfokon is hosszabb idő után krisztallizáció indul meg. Ezért a gyors hűtés végpontjául

500°-ot választottam. Elegendő-e az 500°-os salak melegtartalma az adszorbeált víz eltávolítására? 100° és 500° között a salak fajhője 0,22, 1 kg 500°-os salak melegtartalma 88 Kal. Mivel a salak a víz legnagyobb részét 100° alatt szívja magába, az 500°-os salak üregeibe zárt vízgőzt 10%-nak tételezem fel, azaz



14. ábra

Túlhűtött és visszamelegített salak dilatációs görbéje

1 kg salak 100 g vizet tartalmaz. Az adszorpciós erő legyőzéséhez szükséges energiát durván azonosnak véve a 100°-os víz elpárologtatási energia-szükségletével, 54 Kal-t kapunk, tehát az 500°-os salak melegtartalma fedezi a teljes elpárologtatási hőszükségletet.

f) A tapasztalt nagy adszorpciós erő miatt azonban a 100° alá lehűlt salak a vízgőzzel telített környezetből feltétlenül újból felvenné a kondenzált vizet. Ezért gondoskodni kell, hogy vagy a páratelt levegőt távolítsuk el, vagy pedig a salakot vigyük ki a páratérből. További problémát okozott az 500°-ra hűtött salak további hűtése, hiszen az elpárologtatási hőveszteség nem hűti le a salakot arra a mértékre, hogy kezelni, vagy szállítani lehetne. Erre megoldást mutatott a Krilov-Kraseninyikov alkalmazta forgó lapátkerék, amely a salakot messze eldobva a gőztérből eltávolítja, egyben a levegőn repülve időt ad a további lehülésre. A szükséges röppálya hosszának megállapítását nem számítással végeztem, mert ahhoz a számításba veendő faktorok sokfélesége és változó jellege nem adott elegendő támpontot, hanem empirikus úton kerestem meg.

g) Az 1500°-ról 500°-ra való lehűtés szükséges vízmennyisége elméletileg :

$$m_{\text{viz}} = \frac{C_{\text{salak}}(t_2 - t_1) m_{\text{salak}}}{C_v \cdot 638} = 0,45 \text{ kg } 20^\circ\text{-os víz}$$

1 kg salakra. A valóságban körülbelül ennyi a tényleges vízfelhasználás, de a hirtelen hűtés miatt ennek sokszorosát kell rendelkezésre bocsátani, a víz-

felesleg azután visszanyerhető. Gyakorlatban 1 kg salak/sec.-ra 5 kg víz/sec.-nak kell rendelkezésre állni. Ennek kereken 90%-a visszavezethető a rendszerbe.

Az így kapott adatok alapján terveztem meg a készülék első mintáját.

### *A szemcséző készülék*

Az első készülék lapos fenekű, ferdén állított vályu volt, amelynek alsó harmadát perforáltam a felesleges víz elvezetésére. A szemcsézett salak eltávolítására kézzel hajtott lapátkereket szereltem fel. A kísérleteket a »Parafakőgyár V.« salakgyapot-olvasztójánál végeztem. A csapolónyílásból kisujj-vastagságú sugár (kb. 1 kg/perc) egyenesen a vízzel borított vályura ömlött, ott felhabzott, majd a végén heragadt. Több sikertelen átalakítás után a vályu alsó részét ívben meghajlítottam, a víz a vályu felületét követte, míg a salakot a lapátkerékekkel le tudtam ütni.

Ilymódon már kaptam szemcsés salakot, de azt megfelelő módon még nem tudtam a víztérből elröpíteni. Nehézségeket okozott a kívánt 500°-os pont meghatározása is.

Hőfokmérésre semmiféle lehetőség nem volt, mert a másodperc töredéke alatt lefolyó salakot tapogató hőmérővel sem lehet mérni, sugárzás pedig már nem elegendő. Ezért 500°-nak azt a pontot vettem, amelyen a salak éppen megszűnik sötétvörösén izzani. Ezen a ponton kell a salaknak a vízteret elhagyni és ezt a lapátkerék megfelelő állításával értem el. A lehülési sebességet a vízárammal és a vályú lejtőszögének állításával szabályoztam.

A kísérletsorozatok közül a legjobbak a következő értékeket adták:

a) Nedvességtartalom : 4,78

Nyomószilárdság : 229 kg/cm<sup>2</sup> (cementszilárdsági gyorspróbával)

b) Nedvességtartalom : 6,34

Nyomószilárdság : 270 kg/cm<sup>2</sup>

A szilárdsági értékek kielégítőek voltak, de a nedvességtartalom még túl magas volt. Ezért a salakkiröpítést kellett megoldani.

A következő készüléken már motorral hajtott lapátkereket alkalmaztam. A készüléket a diósgyőri I. nagyolvasztó pódiumán állítottam fel és a salakcsapolónyílásból kanállal öntöttem fel a folyékony salakot. A készülék jól működött, de két hiba miatt újból át kellett alakítanom. Az egyik hiba, hogy a salak mindig csak meghatározott keskeny nyomon futott a vízfelületen és így a vízfelület nem volt kihasználva, a másik a lapátkerék alacsony fordulatszámára volt, ami a szemcsét csak 3 méterre tudta eldobni.

Az átalakításnál a vízvályú elé egy széles, lapos csövű túlfolyót szereltem. Így elértem, hogy a salak fátyolszerűen bukott a túlfolyóról a vályura és a salakmennyiségre jutó viszonylagos vízmennyiség megnőtt. A lapátkerék fordulatszámának növelésével sikerült 5—6 m-re röpítenem a szemcsét.

Ezt a készüléket már közvetlenül a salakcsatorna alá szereltem.

Az első kísérletnél kb. 5 kg/perc salakmennyiséget a készülék simán feldolgozott. A nyert salak víztartalma =  $\emptyset$ , nyomószilárdság  $169 \text{ kg/cm}^2$  volt.

Ebből a kísérletből láttam, hogy a hűtés nem kielégítő, mert a vályún a vízzel való érintkezés csak egyoldalú és a rendelkezésre álló idő alatt nem tudunk a kritikus hőmérséklet alá jutni, tehát a termék túlnyomórészt kristályos szerkezetű. Ezért a készülékre a vályú fölé erőteljes zuhanyt szereltem.

Az új elrendezéssel végzett kísérletsorozat minőségileg kielégítő terméket adott.

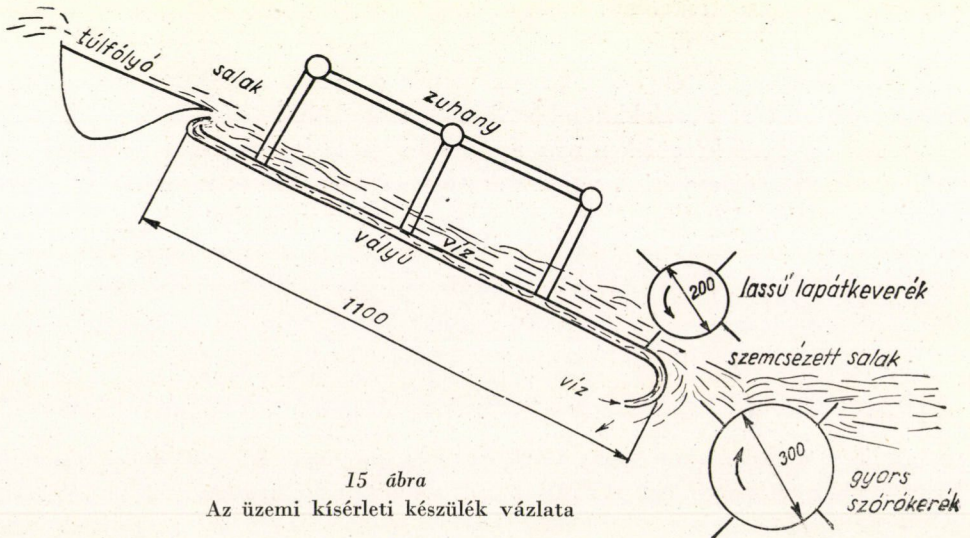
Nedvességtartalom : 2,4%

Nyomószilárdság :  $224 \text{ kg/cm}^2$

Újabb hibaként mutatkozott, hogy amikor a lapátkereket a szükséges fordulatszámmal járattuk, akkor olyan nagymértékben permetezte szét a vizet, hogy a száraz, lehullott szemcsét részben újból benedvesítette. Ennek a hibának kiküszöbölését már csak az új üzemi készüléken valósítottuk meg.

A nyert tapasztalatok alapján olyan üzemi nagyságú kísérleti készüléket szerkesztettünk, amelyik egy kohó teljes felső salakját fel tudja dolgozni. A régi készülékhez képest a vízsórás kiküszöbölésére még egy forgó lapátkeretet iktattunk be. Így a felső, lassan forgó lapátkerék az  $500^\circ$ -ra hűtött salakot átdobja egy gyorsan forgó ( $15 \text{ m/sec}$ . kerületi sebességű) lapátkerekre, amelyek a szemcsét messze eldobja.

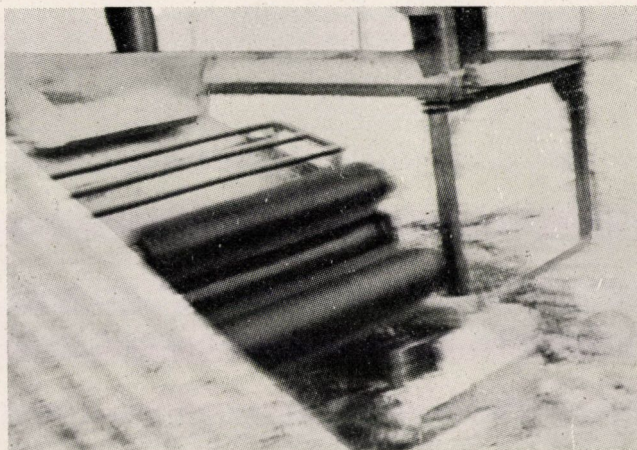
A készüléket az ózdi IV. sz. nagyolvasztó salakpódiuma alá szereltük. A salakcsatornából egyenesen a túlfolyóra ömlik a forró salak, onnan fátyolban a vályún folyó vízfelületre, amelynek alján a fordulópont felett elhelyezett lapátkerék az  $500^\circ$ -os szemcsét átdobja az alsó, gyorsanforgó kerékre. Ez a szemcsét 6—12 m távolságra szórja, miközben a salak kb.  $200^\circ$ -ra lehül.



15 ábra  
Az üzemi kísérleti készülék vázlata



Az ez év áprilisában elvégzett kísérleteknél a készülék néhány apró hibától eltekintve jól működött. Ezek a hibák: a motorok túlközel voltak a salakvályúhoz, továbbá a motorteljesítmény nem elegendő nagyobb salaktömegek lökészerű feldolgozására.



16/a, 16./b ábra  
A készülék működés közben

A tapasztalatok szerint a készülék jól bírta a kb. 100 kg/perc salakterhelést. Az alsó dobra kerülő, gyengén izzó salakszemcsék a levegőben röppályájuk alatt gőzölögve lehültek.

A kísérleteket megismételtük, majd több napon át üzemszerűen dolgoztak vele és több vagon száraz szemcsét állítottak elő, amit a béalpátfalvai cementgyár dolgozott fel cementnek. A Kohó- és Gépipari Minisztérium kívánságára

a készüléket az ózdi salaktéglagyárba helyezik át, ahol üstből fog odaszállított folyékony salakot szemcsézni.

Az üzemi készülékkel előállított szemcsék cement-szilárdsági tulajdonságait a Nehézvegyipari Kutató Intézet szilikát-osztályán vizsgálták meg. Az egyes mérési sorozatok átlagértékei a következők voltak :

Az első kísérletek eredményei :

1. A feldolgozott salak jellege : forró-rövid.

Kémiai összetétele :  $\text{SiO}_2 = 34,90$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3 = 8,35$ ,  $\text{FeO} = 1,95$ ,  $\text{MnO} = 3,81$   
 $\text{CaO} = 38,92$ ,  $\text{MgO} = 5,75$ ,  $\text{BaO} = 4,07$ ,  $\text{S} = 2,08$ .

a) A salakból a szokásos vizes eljárással készült minta nedvességtartalma kb.  $32\%$ .

b) A száraz szemcsézéssel kapott termék víztartalma  $1,8\%$ .

Szilárdsági próbák : ( $30\%$  portland klinker,  $4\%$  gipszkő,  $66\%$  szárított porított salak, 4900-as szitán maradék  $1\%$ ). A keverék 3 súlyrész normálhomokkal bedöngölve és 28 nap után elszakítva).

a) Vizes granulálású salak : nyomószilárdság :  $240 \text{ kg cm}^2$   
 (régí módszerrel) húzószilárdság :  $22,9 \llcorner$

b) Szárazszemcsézésű salak : nyomószilárdság :  $254 \llcorner$   
 húzószilárdság :  $26,7 \llcorner$

Optikai vizsgálat : polarizációs mikroszkóp alatt, kristályos rész planimetrikus becsléssel :

a) Kristályos rész :  $5-10\%$

b) « «  $10-15\%$

A salak hidraulikus értékelése : a szovjet szabványban megadott módszer szerint az alapmodulus

$$P = \frac{\text{Ca O} + \text{Mg O}}{\text{Si O}_2 + \text{Al}_2 \text{O}_3} = 1,04$$

$$\text{az aktivitási index : } a = \frac{\text{Si O}_2}{\text{Al}_2 \text{O}_3} = 4,16 .$$

A Keil-féle hidraulikus faktor :

$$F = \frac{\text{Ca O} - \text{Ca S} - \frac{1}{2} \text{Mg O} + \text{Al}_2 \text{O}_3}{\text{Si O}_2 - \text{Mn O}} = 1,40 .$$

Mindkét számítási mód szerint a salak cementként felhasználható, de minőségileg a gyengék közé tartozik.

2. Feldolgozott salak jellege : kevésbé meleg-hosszú.

Kémiai összetétele :  $\text{SiO}_2 = 36,58$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3 = 9,37$ ,  $\text{FeO} = 1,29$ ,  $\text{MnO} = 5,71$ ,  
 $\text{CaO} = 37,80$ ,  $\text{MgO} = 4,10$ ,  $\text{BaO} = 3,25$ ,  $\text{S} = 2,15$ .

A salakból csak száraz szemese készült, melynek víztartalma  $0,13\%$  volt.

Szilárdsági próbák : nyomószilárdság : 186 kg/cm<sup>2</sup>  
 húzószilárdság : 21,5 «

Optikai vizsgálat : a kristályos rész kb. 5—10%.

A salak hidraulikus értékelése :

szovjet szabvány szerint alapmodulus  $p = 0,91$   
 aktivitási index  $a = 3,9$

Keil-féle hidraulikus faktor :  $P = 1,26$ .

A hidraulikus értékek szerint a salak már nem felel meg a cementipar előírásainak.

1951. május 3-án a KGM által egybehívott bizottság előtt bemutató kísérletet végeztünk. Ekkor kb. 4 tonna salakot szemcséztünk 25 perc alatt. A kapott termék teljesen vízmentes volt.

Ennek kísérleti eredményei :

A salak jellege : forró-rövid.

Kémiai összetétele : SiO<sub>2</sub> = 33,24, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> = 10,13, FeO = 1,29, MnO = 5,53, CaO = 41,48, MgO = 4,21 BaO = 3,05, S = 1,93.

Szilárdsági értékek : nyomószilárdság : 243 kg/cm<sup>2</sup>  
 húzószilárdság : 29,9 «

Optikai vizsgálat : kb. 5% kristályos rész.

Hidraulikus jellemzők :

Szovjet szabvány szerint alapmodulus  $p = 1,05$   
 « « « aktivitási index  $a = 3,3$

Keil-féle hidraulikus faktor  $P = 1,47$ .

A salak tehát gyengébb minőségű cementsalaknak minősül.

A Nehézvegyipari Kutató Intézetben végzett nagyszámú salakpróba értékei nyomószilárdság szempontjából 130—280 kg/cm<sup>2</sup>, húzószilárdság szempontjából 18—40 kg/cm<sup>2</sup> között mozognak.

Az eljárásunk szerint gyártott száraz termék a megfelelő összetételű salakoknál az átlagértékek fölé esnek, tehát a szárazszemcsézéssel előállított salak szilárdsági szempontból is cementgyártásra alkalmas terméket ad.

A kísérleteket összefoglalva, megállapítható, hogy a fentebb kidolgozott elven felépített elrendezéssel a kitűzött célt el tudtuk érni. *A termelt szemcsézett salak 0—2% víztartalom mellett nem mutatott rosszabb hidraulikus tulajdonságokat, mint a vizes szemcse.* Örölhetőség szempontjából is azonosan viselkedik, t. i. a forró-rövid salakok habosak, könnyen őrlődnek, a hidegebb és savanyúbb salakok nehezebben. Mindezek jelentős gazdasági megtakarítást tesznek lehetővé, amelyeket röviden ismertetek.

### V. Gazdasági értékelés

A megtakarítás 3 főtenyezőből adódik :

a) *Hányóra hordás.* Egy tonna folyékony salaknak hányóra hordása Ózdon 3.45 Ft-ba, Diósgyőrött kb. 6.— Ft-ba kerül. E költségek 90%-a elmarad, mert a magas és távoli hányó helyett csak a szemcsésző-berendezéshez kell szállítani. Ózdon ez 3.10, Diósgyőrött 5.40 Ft/t megtakarítást jelent.

b) *Vasúti fuvar költség.* Egy tonna szemcsézett salak fuvar költsége Diósgyőr-Tatabánya viszonylatban 31.60 Ft, Ózd-Bélapátfalva viszonylatban 10.30 Ft. Ebből — a jelenlegi vizes szemcse szállításánál — átlagban 40% jut a víz szállítására, tehát Diósgyőrnél 12.60 Ft, Ózdnál 4.10 Ft.

További, itt nem számított megtakarítás adódik abból, hogy a vagon száraz salakkal kétszerannyira rakható meg, mint a nagytérfogatú vizes salakkal.

c) *Szárítás.* Cementgyártásra csak száraz salak használható, vizes salakot tehát előbb ki kell szárítani. Vizes salakból 1 t száraz salak előállításához 600 000 Kcal-t vagy 2 q 3000 kalóriás szenet kell felhasználni. Ennek értéke 16.— Ft.

A megtakarítások összegezése :

$$\begin{array}{r} \text{Ózdon : } a = 3,10 \\ b = 4,10 \\ c = 16,— \\ \hline 23,20 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \text{Diósgyőrött : } a = 5,40 \\ b = 12,60 \\ c = 16,— \\ \hline 34,00 \end{array}$$

Ebből a vasműveknél közvetlenül csak a hányó költségek elmaradása jelentkezik, míg a többi megtakarítást a fogyasztó cementgyárak élvezik.

E közvetlenül jelentkező megtakarításnak azonban sokszorosa az a népgazdasági kár, amit a vizes szemcsézés fenntartása okoz : a cementgyárak szárítókapacitás hiányában csak 6—10%-ot tudnak a klinkerbe bedolgozni és ezért 2—300 000 tonna cementtel kevesebb készülhet el évente. Ennek gazdasági kihatása felbecsülhetetlen.

Végezetül köszönetet mondok Berecky Endre kartársamnak, aki a szilikát-kémia nehéz elvi kérdéseinek segített át, a Nehézvegyipari Kutató Intézetből Grofcsik János és Henszelmann Frigyes kartársaknak a vizsgálatok elvégzésénél tanúsított segítségért, a készülékek tervezésénél nyújtott segítségért Zajki István és Jakab József kartársaknak és végül a diósgyőri és ózdi nagyolvasztómű vezetőinek és dolgozóinak a kísérleteknél nyújtott támogatásért.

*Utólagos megjegyzés : Beérkezett 1952. II. 27.*

»A cikk megírása óta az üzemi jellegű készülék állandó elhelyezést kapott az ózdi salaktéglagyár területén és ott üstben szállított salakot dolgoz fel. 1952. január első napja óta a készülék folyamatosan dolgozik és naponta mintegy 10 tonna száraz szemcsét termel, amit a bélépátfalvai cementgyárba szállítanak. Az eltelt 3 hónap alatt különösebb üzemzavar nem volt és a termelt szemcse, a cementgyár véleménye szerint, minden tekintetben azonos értékű az eddig szállított vízes szemcsével. Ugyanakkor a szemcse teljesen száraz, illetve csak szállítás közben az k meg néha.«

IRODALMI FORRÁSOK

1. Rankin : Szilikátok vizsgálata, Z. f. anorg. Chemie 92. 1915. 213. o.
1. a) Cilev : Salak olvadáspontja és viszkozitása. Metallurg (Moszkva) 1938. 6. 90. o.
2. Goszt-szabvány, 3476—46.
3. F. Keil : Merkblatt f. Zementschlacke. Zement 31. 1942. 208. o.
4. Pavlov : Nyersvaskohászat (Moszkva) 1950.
5. Guttmann : Nagyolvasztósalak hasznosítása (1934, Düsseldorf).
6. F. Keil : Hochofenschlacke (Düsseldorf, 1949).
7. Kitaigorszki és Kareff : Üveg előállítása salakból. Keramika i Szteкло (Leningrád), 1932. 6. 282.
8. Forbáth : Salakgazdálkodásunk kérdései. Bányászati és Kohászati Lapok, 1950. 9. 517. o.
9. Le Chatelier : Kovasav és szilikátok.
10. Grün, Tremmel, Kunze : Nagyolvasztósalak termikus vizsgálata. Zement 14, 947. o.
11. Körber, Oelsen : Salakismerettan a kohászat alapja. Stahl u. Eisen, 1940. 921. o.
12. Nicol : Túlhűtött nagyolvasztósalak termikus vizsgálata. Revue des Matériaux, 1950. okt. 34. o.
13. Evsztoļjev-Topolov : Szilícium és szilikátok fizikai kémiája. Moszkva, 1950.
14. Brandenberger : Cementkémia és kristályszerkezet. Schweizer Archiv, 1936. 45. o.
15. Pokatilovszkaja : Hidraulikus anyag nagyolvasztósalakból. Sztrouitjelnik Materiali (Moszkva) 1938. 1. 34. o.
16. Schumacher : Salakfelhasználás. Stahl u. Eisen 1949. május 372. o.
17. D. R. P. 249129.
18. Kiküldött magyar tanulmányi Bizottság jelentése.
19. K. I. T. I. által rendelkezésre bocsátott szovjet rajz és műleírás.
20. Arszenyov : Salakszemcsézés vízlövésees módszerrel. Promislenoszty Sztrouitjelnik Materialov, 1951. I. 4.
21. Leclère : A salak hidraulikus képességének gyors megállapítása termikus analízissel. Revue des Matériaux 1950. okt. 10. o.
22. Nicol : Túlhűtött nagyolvasztósalak termikus vizsgálata. Revue des Matériaux, 1950. okt. 34. o.
23. Gille-Keil : Granulált salak melegítése. Archiv f. Eisenhüttenwesen, 1948. 7—8.
24. Gruszcyk : Salakvizsgálatok. Cement (Varsó) 1948. 4. 89. o.



# NAGY VÍZSZÁLLÍTÁS MÉRÉSE SZÍVÓSZÁJON

FÁY CSABA

Beérkezett 1951. május 21.

I. Öntöző és belvízátemelő telepeinknél tervgazdálkodásunk fejlődése során a gazdaságossági, üzemellenőrzési és statisztikai követelmények előtérbe állították a vízszállítás mérésének kérdését. A már megépült telepek üzemi jellemzőinek, köztük elsősorban az eddig eléggé mostohán kezelt vízszállítási adatok pontos ismerete az új létesítmények tervezésekor is értékes segédeszköz.

Belvízátemelő és öntözőtelepeink vízszállítás-mérésének megoldását nagy lépéssel vitte előbbre a volt Duna-Tiszavölgyi Társaság e tárgyban kiírt pályázata. A pályázat a következő követelmények kielégítését írta elő a mérőberendezés számára :

1. *Gazdaságosság.* A mérés a telep szállítómagasságát (teljesítményfelvételt) egyáltalában ne, vagy csak kis mértékben növelje.

2. *Üzembiztonság.* Az áttemelt vízben lebegő hordalék a mérőberendezés üzemét ne bénítsa meg.

3. *Egyetemesség.* A mérőberendezés felszerelhető legyen az összes szóba-jöhető hazai telepen.

4. *Olcsóság.*

A pályázatot Mátyus Sándor nyerte meg, aki a szivattyúk szívócsonkját javasolta mérésre felhasználni. Eljárásának lényege az, hogy a szívócsőben áramló és vele egymagasságban nyugalmi állapotban lévő külső víz közötti nyomáskülönbségből számítja ki a szállított vízmennyiséget. A szívócsonk közönséges szívószájnak tekinthető, amely azonban a szivattyú tartozékát képezve, nem okoz újabb, a mérés rovására irandó ellenállást. Ezzel a gazdaságossági szempontot elégíti ki. Nem lévén mozgó alkatrésze, vagy az áramlás irányára merőleges mérőnyílása, a hordalék nem veszélyezteti a berendezést. A szivattyútelepek nagy részénél a mérésre felhasználható szívócsonk van. Azon kisszámú telepnél, ahol a szívócsonk nem megfelelő, kevés költséggel a szükséges átalakítás megoldható. Végül a berendezés igen egyszerű kialakítási lehetősége biztosíték annak olcsóságára is.

A nyertes pályázat az ajánlott mérési módszerhez részletes elméletet adott. A gyakorlati megvalósítás előtt a mérőberendezések legcélszerűbb kialakítására és az alkalmazási lehetőség határainak megállapítására laboratóriumi kísérleteket kellett végezni.

Dr. Pattantyús Á. Géza műegyetemi tanár javaslatára a Magyar Tudományos Akadémia a nagy vízszállítás mérésének kikísérletezését felvette az 1950. évi kutatási tervébe. A kísérleteket a Műszaki Egyetem Vízérőgépek Tanszéke végezte. A következőkben erről és ennek eredményéről kívánok beszámolni.

II. A mérések az elrendezéstől függően két csoportra oszthatók :

1. A járókerék a szívószájtól távol helyezkedik el. A járókerék és a mérés helye (szívócsonk) között többnyire valamilyen, az áramképet megváltoztató csőidom vagy szerelvény van. Ebbe a csoportba tartozik a legtöbb, turbínaszivattyúkkal és szárnylapátos szivattyúkkal felszerelt szívócsöves elrendezésű telep.

2. A járókerék és a szívószáj között rövid, egyenes csődarab van. Ide a szárnylapátos szivattyúkkal felszerelt, kamrás szívóterű telepek gépegységei tartoznak.

A laboratóriumi mérés tárgya első esetben kizárólag a szívócsonkon való mérés pontossági határának megállapítása, a második esetben a mérési hely közelében forgó járókerék zavaró hatásának figyelembevétele volt. Emellett célul tűztük ki a mérés során használt műszerek jóságainak és alkalmazhatóságának beható vizsgálatát is.

A mérés elve azonos a Venturi szájban történő mérés elvével. Az áramlás középsebessége :

$$c = \sqrt{\frac{2g \Delta h}{1 - \zeta}} \quad \text{m mp.} \quad (1)$$

A képletben  $\zeta$ -val jelöltem a szívószájtól a nyomásmérő megcsapolásáig terjedő csőszakasz ellenállás tényezőjét. A gyakorlatban  $\zeta$  értékét zérusnak tekinthetjük. Ezzel az elhanyagolással a  $\Delta h$  nyomásmérő kitérés értékéből számított sebesség valamivel nagyobb lesz, mint a valóságos középsebesség. A vízszállítás értéke :

$$V = f c \alpha, \quad \text{m}^3 \text{ mp}, \quad (2)$$

ahol  $f$  a cső teljes keresztmetszeti területe a megcsapolások síkjában,  $c$  a fenti áramlási középsebesség,  $\alpha$  pedig a kontrakciós tényező. Arra kell törekedni, hogy  $\alpha$  értéke minél jobban megközelítse az egységet. Ezért jól legömbölyített csőszájakat alkalmazunk. Ha  $\alpha$  értéke nem egységnyi, akkor a fellépő kontrakciós jelenség a csőszáj ellenállását megnöveli, tehát  $\zeta$  értéke is nő. Így a nyomásmérő kitéréséből a  $\zeta$  és  $\alpha$  elhanyagolásával nyert  $c = \sqrt{2g \Delta h}$  összefüggéssel számított vízszállítás eltérése a valóságostól már jóval nagyobb lesz. Az elhanyagolásokkal ekkor hibát követünk el.

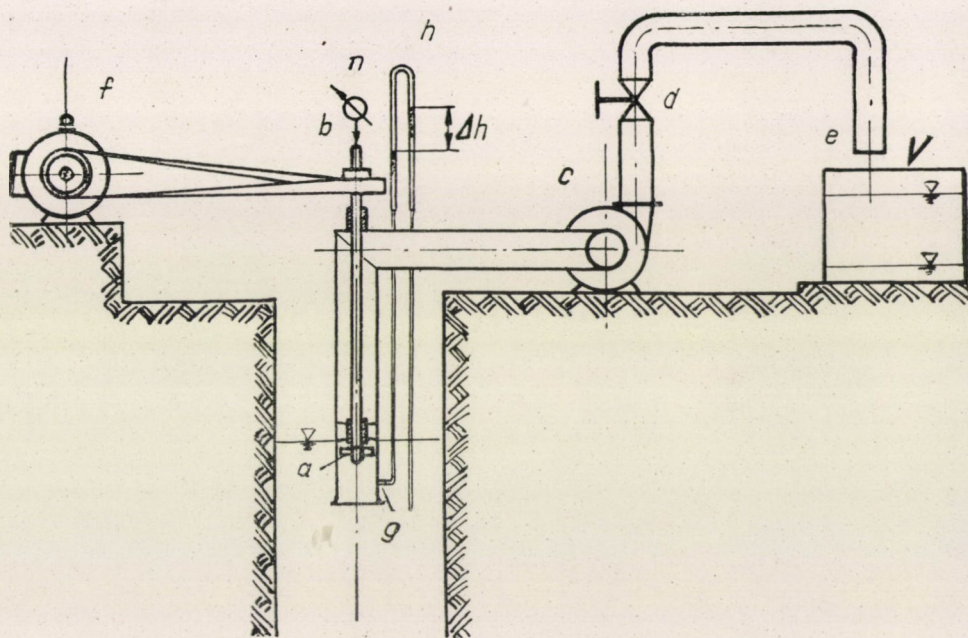
Üzemi viszonyok között kielégítő az a mérés, amely a valóságos értéket  $\pm 5$  százalékkal megközelíti. Az első esetben — amikor a járókerék távol helyez-



kedik el a csonkon elhelyezett mérőhelytől — méréseink célja annak megállapítása volt, hogy a  $\zeta$  és  $\alpha$  elhanyagolásából eredő hiba a fenti hibahatárokon belül marad-e.

A második esetben a mérőhelyhez közel elhelyezkedő járókeréknél azt vizsgáltuk, hogy a járókerék okozta zavaróhatás mikor lépi túl a mérési hiba megengedett mértékét.

III. A laboratóriumi vizsgálati mérőberendezésben a vizet mindkét esetben vizsgálatánál turbínaszivattyúval keringettük. A csővezeték végén közbőztartály volt elhelyezve. Ezzel mértük a vízszállítás pontos értékét. A víz a közbőztartályból a nyitott betoncsatornán át jutott vissza a szívócsonkhoz. A szívócsonk első esetben közönséges csőszáj volt. A pontos mérés érdekében a csőszájon a mérőszékben több megcsapolást készítettünk, s ezeket kötöttük össze a nyomásmérővel.



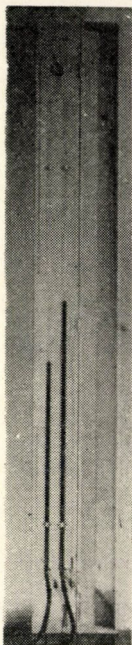
1. ábra. A mérés elrendezése

- |                        |                          |
|------------------------|--------------------------|
| a) keverő kerék        | e) közbőz                |
| b) fordulatszám mérése | f) keverő hajtása        |
| c) turbínaszivattyú    | g) megcsapolás a csonkon |
| d) tolózár             | h) fordított U cső       |

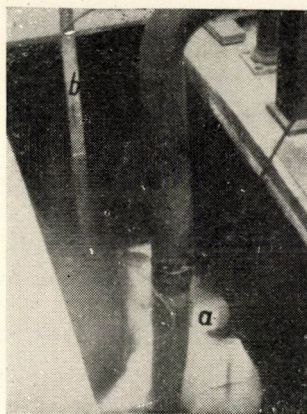
A második eset vizsgálatára szolgáló berendezés elrendezését az 1. ábrán láthatjuk. A c) szivattyúval keringetett víz mennyiségét a d) tolózárrel szabályoztuk. A g) mérő megcsapolása fölött a propeller-szivattyú járókerékének forgató hatását az a) keverő kerékkel állítottuk elő. A keverő fordulatszámát egy Ward—Leonard-gépcsoport által termelt árammal hajtott motor f) feszültség

szabályozásával tartottuk teljesen egyenletes értéken és ezt a *b)* tachométerrel folyamatosan ellenőriztük.

A nyomásmérő megcsapolásának a keréktől való távolságát is tudtuk változtatni a tengely lejjebb állításával. Az ekkor esetleg bekövetkezett nyomásváltozást a *b)* fordított U alakú nyomásmérőn olvastuk le.



2. ábra. Fordított U alakú nyomásmérő



3. ábra. Az U cső csatlakozása  
*a)* a szívőcsonkhoz;  
*b)* a szabad vízfelszínnel közlekedő ág

A mérést a pontosság fokozására ferdeszögben beállított U csővel is megismételtük. Ekkor 1 mm vízoszlop nyomáskülönbség 10 mm vízoszlop eltérést mutatott a két csőszárban lévő víznívó között. A nyomásmérő egyik ága a szívócsonkon lévő megcsapoláshoz csatlakozott, a másik ág pedig a nyugalomban lévő szabad vízfelszínnel közlekedett. (3. ábra.)

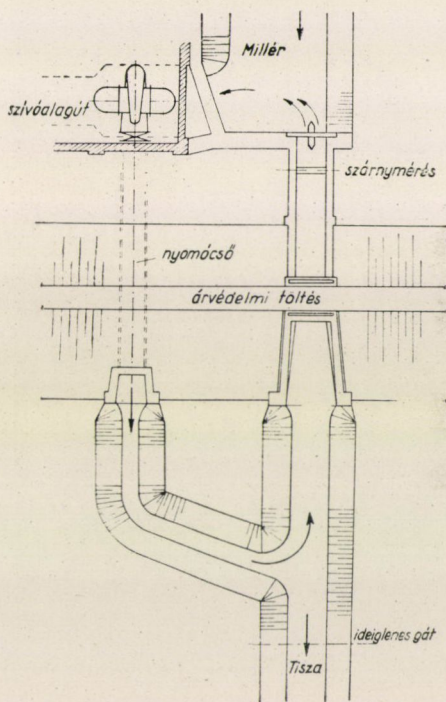
A nyomásmérőben a víz szintjét felszívással hoztuk leolvasható magasságba. A nyomásmérőt a szivattyú nyomóoldaláról megcsapolt vízzel is próbáltuk felülről megtölteni, (Iterson holland professzor módszere), de — bár a módszer laboratóriumi viszonyok között megvalósíthatónak bizonyult — a gyakorlatban nem válna be. A turbinaszivattyúkkal felszerelt magyar telepek nagy része ugyanis olyan kis szállítómagasságú telep, ahol a szállítómagasság vagy teljes egészében, vagy jórészt szívómagasság. A vízből kiváló levegő miatt a

nyomóoldali megcsapoláson nem kapunk buborékmentes vizet. A nyomásmérőt tehát csak felszívással helyezhetjük üzembe.

A vízszállítás az e) köbözőtartállyal mértük.

A fenti elrendezés biztosította, hogy az összes üzemi jellemzőt, sőt a járókerék elhelyezésétől és fordulatótól függő zavaró hatást is egymástól függetlenül változtatni tudtuk.

IV. A módszert a gyakorlatban a milléri szivattyútelepen próbáltuk ki. Itt az egyik szivattyúegységet szereltük fel a nyomásmérővel. A szivattyú két, egyenként 665 mm átmérőjű szívócsövet megcsapoltuk a csomak felett 1 méterrel. A mérés helyszínrajzát a 4. ábra mutatja.



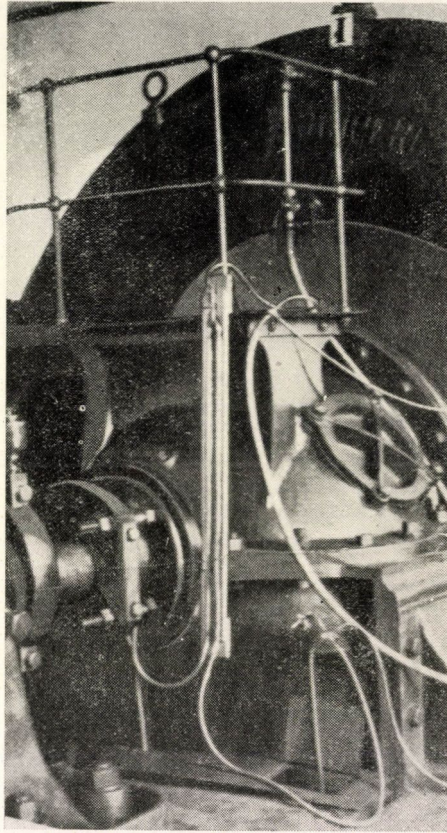
4. ábra. Keringető rendszerű helyszíni mérés Milléren

Sikerült zárt keringető rendszert létrehozni. Az árvédelmi gáton átmenő nyomócső szája után a víz néhány kubikgödrön keresztül a belvízvezető csatorna hullámtéri részére került. A csatorna a Tisza felé ideiglenesen gáttal volt lezárva, így a víz az árvédelmi töltésen levő átereszen és zsilipeken visszafolyt a telep szívóoldali alagútjához, s ezen át jutott ismét a szivattyúhoz.

A keringető rendszer előnye abban mutatkozott, hogy a felső és alsó vízszint s így a szivattyú szállítómagassága is állandó maradt a mérés során. A fordulatszám állandó volt, ezért a vízszállítás értéke nem ingadozott. Az időben

állandó vízszállítás tette lehetővé a mérés pontosságának szárnyméréssel való ellenőrzését a zsilip melletti műcsatornában.

A Milléren is alkalmazott fordított U alakú nyomásmérő előnye rendkívüli egyszerűsége. (6. ábra.) Nincs benne mechanikus áttétel vagy alkatrész. Hátránya, hogy indításnál felszívással kell üzembehelyezni. Kisebb szivattyú-

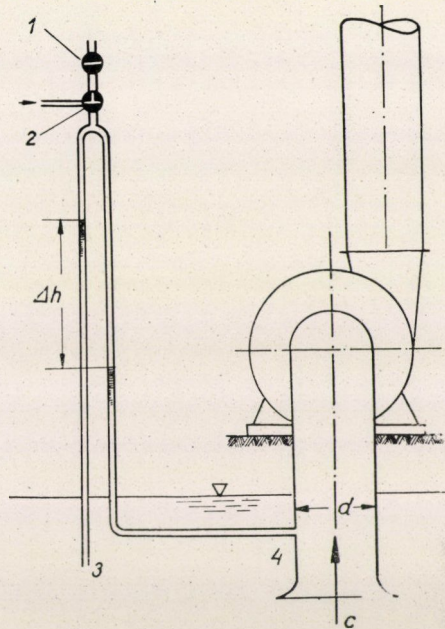


5. ábra. A fordított U cső Milléren

telepeinken, ahol évente csak 2—3 hetes üzem van, célszerű felszerelni, mert leolvasásához nem kell több ismeret, mint egy vízmérce leolvasásához. A telepek üzemére, gazdaságosságára ilyen módon aránylag olcsó és egyszerűen kezelhető berendezéssel értékes adatokat kapunk.

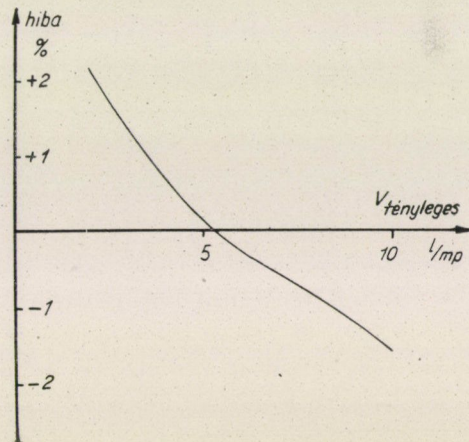
Méréseink az első esetben (csonk és járókerék egymástól távol) azt az eredményt adták, hogy gondosan kiképzett, jól lekerekített csőszáj esetében a módszer használható, hibája a megengedett  $\pm 5$  százalékon belül marad. A 7. ábrán a tényleges (köbözéssel mért) vízszállítás függvényében ábrázoltuk a vizsgált

módszerrel számított vízszállítás ténylegestől való eltérésének hibáját. Látható, hogy ez nem haladta meg a két százalékot.



6. ábra. Mérés a fordított U csővel

1. légtelenítő vezeték csapja; 2. légbeocsátó csap; 3. közlekedés a nyugvó szabad vízszinttel;  
4. csatlakozás a szívócsonkhoz



7. ábra

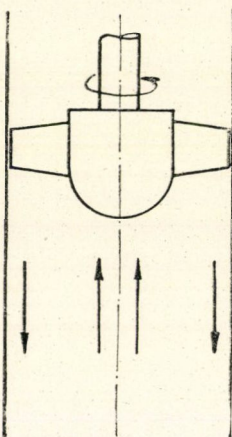
V. A második esetben (járókerék közel a mérési helyhez) a mérési eredmények alapján a valóságos viszonyokat megközelítő elméleti megfontolással értékeltem ki a nyert adatokat.

Az ideális áramlásból kiindulva tekintsük át a lehetőségeket abban a két esetben, amikor 1. a csőben nincs áramlás és 2. a csőben folyamatos áramlás van.

## 1. A csőben nincs áramlás

### a) Síma csőfal

A forgó kerék útján energiát vezetünk be a folyadékba. A kerék a folyadékot magával ragadja és forgásba hozza. Az energiát a folyadék belső surlódása emészti fel és az hővé alakul. A keringési sebesség eloszlása a kerék mellett hasonló lesz a kerék azonos szögsebességéből adódó, a tengelytől kifelé lineárisan növekvő sebesség eloszlásához. Feltételezzük, hogy a folyadékban a keringési sebesség eloszlása a keréktől  $y$  távolságban már a szabad áramlás törvényeit követi. Ha a cső tengelyétől tetszőleges  $r$  távolságban elhelyezkedő hengerpalástot vizsgáljuk, általában azt tapasztaljuk, hogy a keréktől egy bizonyos  $y$  távolságban más lesz a keringési sebesség értéke, mint a kerék melletti részen. A hengerpalást mentén a sebességnek megfelelően a nyomás is változni fog.



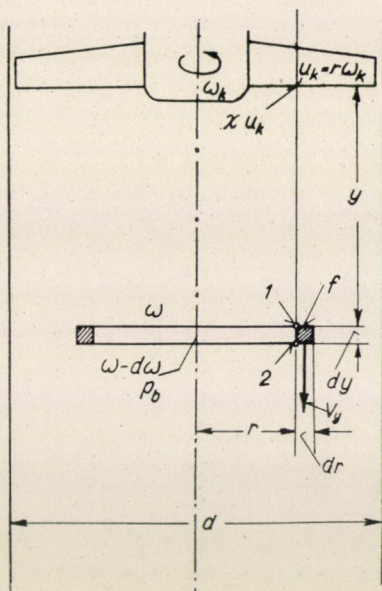
8. ábra. Áramlás a járókerék alatt zárt csőben

A nyomáskülönbség a folyadékot gyorsítja és indukált áramlást hoz létre a cső tengelye irányában. Ez az áramlás a tengely környezetében a kerék felé irányuló, a fal közelében ellentétes irányú lesz. Ez a jelenség energetikailag annyit jelent, hogy a bevezetett energia az indukált áramlás révén a folyadékban minél nagyobb részre igyekszik szétszórni. A folyadék aránylag csekély belső surlódása ugyanis az energiát nem képes kis helyen felemészteni.

### b) Érdes csőfal

A falsurlódás a bevezetett energiát apasztja, a folyadékot a fal mentén erősen fékezi. A forgás csillapító hatása közvetlenül a kerék mellett lesz a leg-erősebb. Feltételezhető, hogy a falsurlódás a bevezetett energiát olyan nagy

mértékben csökkenti, hogy még mielőtt a szabad áramlás kialakulhatna, a folyadék teljesen lefékeződik. A keringési sebesség eloszlását ezek szerint minden, a cső tengelyére merőleges keresztmetszetben hasonlóan tekintjük. Felírva a 9. ábra jelöléseivel egy tetszőleges  $r$  sugáron elhelyezkedő,  $dy$  magasságú,  $dr$  szélességű gyűrű egyensúlyát a gyűrű 1. pontján a nyomás:



9. ábra. Elemi vízgyűrű egyensúlya zárt csőben

$$p_1 = p_b + \frac{r^2 \omega^2}{2} \rho$$

$p_b$  a nyomás a cső tengelyében. A nyomás a gyűrű 2. pontján a szögsebesség feltételezett csökkenése miatt:

$$p_2 = p_b + \frac{r^2 (\omega - d\omega)^2}{2} \rho.$$

A két egyenlet összevetésével:

$$\frac{dp}{dy} = -\rho r^2 \omega \frac{d\omega}{dy}.$$

A mozgásegyenlet szerint:

$$dp \cdot f = \rho f \cdot dy \cdot a,$$

ahol  $a$  a gyorsulás. Ebből

$$\frac{dp}{dy} = \rho a.$$

A gyorsulás általában

$$a = \frac{dv_y}{dt} = \frac{dv_y}{dy} \frac{dy}{dt} = v_y \frac{dv_y}{dy} = -r^2 \omega \frac{d\omega}{dy}.$$

Behelyettesítve az  $u_y = r\omega$  jelölést:

$$v_y \frac{dv_y}{dy} = -u_y \frac{du_y}{dy}, \text{ illetve } \frac{d(v_y^2)}{dy} = -\frac{d(u_y^2)}{dy}.$$

Integrálva

$$\int_0^y \frac{d(v_y^2)}{dy} dy = - \int_0^y \frac{d(u_y^2)}{dy} dy,$$

illetve más határookra áttérve:

$$\int_0^{v_y} d(v_y^2) = - \int_{\kappa u_k}^{u_y} d(u_y^2).$$

Ebből adódik az indukált sebesség értéke:

$$\underline{v_y^2 = (\kappa u_k)^2 - u_y^2.} \quad (3)$$

Az egyenletben a  $\kappa$  lemaradási tényező azt fejezi ki, hogy a folyadék a kerék  $r$  sugáron mért  $u_k$  kerületi sebességét közvetlenül a keréknél hányadrészben veszi át ( $\kappa < 1$ ).  $u_y$  a tetszőleges  $y$  távolságban levő keringési sebesség. A fenti egyenlet azt jelenti, hogy a folyadék forgási energiája átalakul indukált sebességi energiává.

A következőkben vizsgáljuk a keringés csillapodását a fal mellett. Az energiaegyenlet:  $H_c = H_{c0} - h'$ , ahol a  $H_{c0}$  a keringési sebességmagasság a kerék mellett,  $H_c$  attól  $y$  távolságban és

$$h' = \int_0^y dh' = \frac{\lambda''}{2gd} \int_0^y u_y^2 dy$$

a falsurlódási veszteség  $y$  hosszon.

Ebből

$$u_y^2 = (\kappa u_k)^2 - \frac{\lambda''}{d} \int_0^y u_y^2 dy$$

a csillapítás egyenlete. Ebben  $\lambda''$  a surlódási tényező,  $d$  a csőátmérő, amely arányos a hidraulikai sugárral. Az arányossági tényezőt belefoglaljuk  $\lambda''$  értékébe.



A differenciálegyenlet megoldása :

$$u_y^2 = (\alpha u_k)^2 e^{-\lambda'' \frac{y}{d}}; \text{ illetve bevezetve az } \frac{y}{d} = \eta \text{ jelölést}$$

$$\underline{u_y^2 = (\alpha u_k)^2 e^{-\lambda'' \eta}}. \quad (4)$$

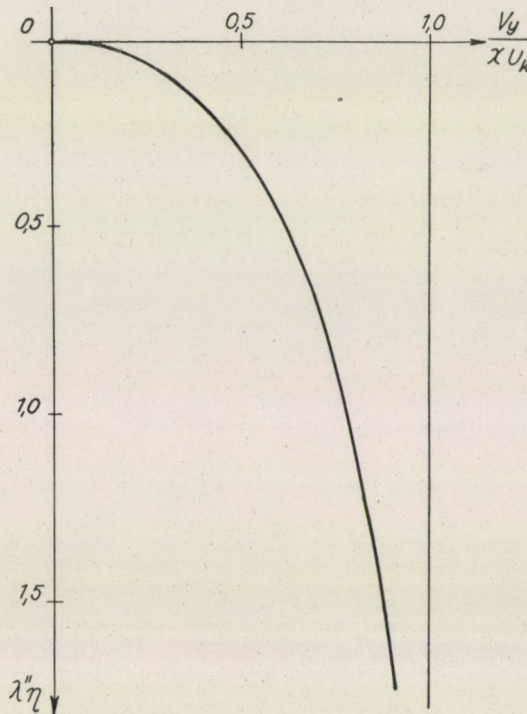
Az indukált sebesség csillapodását hanyagoljuk el. Ezzel a valóságosnál kedvezőtlenebb esetet kapunk, mert eszerint a forgás a keréktől nagyobb távolságban fog lecsillapodni, mint a valóságban.

A (4) egyenlet eredményét behelyettesítjük a (3) egyenletbe :

$$v_y^2 = (\alpha u_k)^2 - (\alpha u_k)^2 e^{-\lambda'' \eta}, \quad \text{illetve}$$

$$\left[ \frac{v_y}{\alpha u_k} \right]^2 = 1 - e^{-\lambda'' \eta}, \quad (5)$$

Az indukált sebesség változását a 10. ábrában rajzoltuk fel. Láthatjuk, hogy az indukált sebesség fokozatosan növekszik, s a  $\alpha u_k$  határérték felé tart. Az eredeti feltételezésből adódik, hogy minél beljebb megyünk a tengely felé, annál kisebb az  $u_k$ , s így az indukált sebesség határértéke is.



10. ábra. Relatív indukált sebesség a relatív csőhossz függvényében

Ha a cső falánál áramlás indul lefelé, akkor a folytonosság elve alapján felfelé áramlásnak is kell indulni. A felfelé áramlás helye csak a cső tengelye, illetve ennek környezete lehet, ahol az indukált sebesség zérus, vagy csekély értékű.

Feltételezzük, hogy a forgás  $Y$  távolságban teljesen elül. Ekkor a fal mellett lefelé, a cső tengelyében felfelé áramlás van. A forgás megszűntével megszűnik az indukált sebességet létrehozó ok. Az áramlás tehát itt a fal mellől a cső tengelyére merőleges irányban a cső tengelyéhez tart, s így zárul be az indukált örvény.  $Y$  távolság elméletileg végtelen. Ha az indukált sebesség apadását (a falsurlódás miatt) figyelembe vesszük,  $Y$  ér éke véges. A kerék zavaró hatása tehát  $Y$  távolságon túl megszűnt, a kerék által bevezetett energiát a belső és falsurlódás teljes egészében hővé alakította. (Megjegyezzük, hogy a vizsgálatnál a belső surlódást, a turbulens áramlásban fellépő  $\tau$  feszültséget teljesen elhanyagoltuk). Ha a csőben idomdarabot helyezünk el, az annál erősebb csillapítást ad, minél közelebb van a kerékhez.

## 2. A csőben áramlás indul

A csőben  $c_m$  sebességgel induló áramlás meggátolja az indukált örvény kifejlődését: a kerék beömlési oldalán az örvényt visszaszorítja a kerékhez. A kiömlő oldalon a cső tengelyében messzire elnyújtja. Kitűzött feladatunknál csak az első részt vizsgáljuk. A kerék előtt az indukált sebesség csak a  $c_m$  értékével csökkentett csúcsertékig jön létre. Az áramlás ott *leválik* a falról, az indukált örvény  $y_z$  távolságig jön csak létre. A leválási hely távolsága ( $y_z$ ) jellemzi a kerék zavaró hatásának határát, ezért *zavarási határnak* nevezem. Az indukált sebesség eloszlás a leválási hely és a kerék között változatlan marad, mert a leválás határfelületén belül a külső  $c_m$  sebesség nem éreztetheti hatását. Az indukált örvény tehát csak a

$$v_y = \kappa u_k - c_m \quad (6)$$

indukált sebesség értéknek megfelelő  $y_z$  mélységig jöhet létre.

Ha a 11. ábrában a  $c_m/\kappa u_k$  hosszúságot levonjuk a  $v_y/\kappa u_k = 1$  értékéből, s ennek ordinátáját metszésbe hozzuk, a  $v_y/\kappa u_k(\lambda''\eta)$  görbével, az abszcisszán  $\lambda''y_z/d = s$  értéket kapjuk. A szerkesztés gondolatmenetét matematikailag kifejezve: a (6) összefüggést az (5) egyenletbe behelyettesítjük:

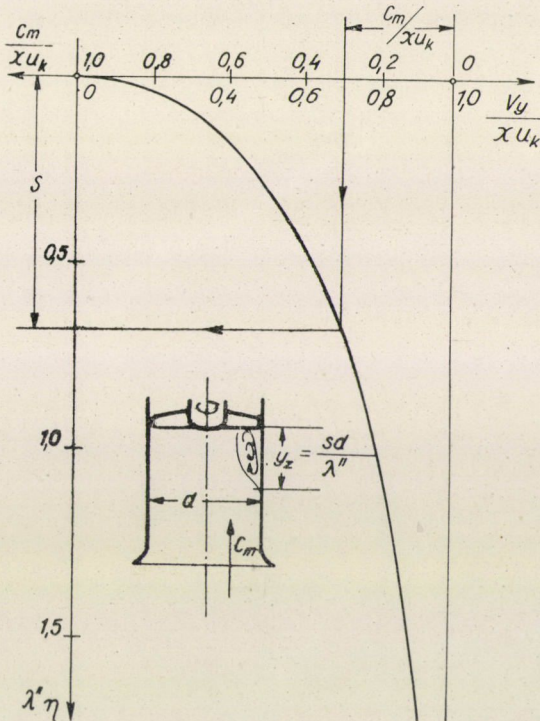
$$\left[ \frac{\kappa u_k - c_m}{\kappa u_k} \right]^2 = 1 - e^{-\lambda''\eta_z} \quad (7)$$

Ebben  $\eta_z = y_z/d$ . Vezessük be a szárnylapátos gépeknél ismert  $\varphi = c_m/u_k$  sebességi számot, a képlet így alakul:

$$\left[ 1 - \frac{\varphi}{\kappa} \right]^2 = 1 - e^{-\lambda''\eta_z} \quad (8)$$

Az összefüggés állandóinak értéke laboratóriumi méréseink szerint :  $\kappa = 0,16$  és  $\lambda'' = 0,1$ .

Adott esetben tehát az  $y_z$  zavarási távolság kiszámítható. Ezen túl a keréknek zavaró hatása nem lehet. A nyomásmérő megcsapolását tehát a keréktől távolabb kell elhelyezni, mint a  $y_z$ . Ha  $\varphi$  értéke egy alsó határ alá csökken, ami-



11. ábra. A zavarási határ megállapítása a sebesség-hely diagramm segítségével

kor a megcsapolás már belül esik a zavarási távon, akkor a nyomásmérő ott a szabad felszínhez képest nem szívást, hanem túlnyomást fog mutatni. A mérés teljesen használhatatlan adatot szolgáltat.

VI. A mérések és elméleti megfontolások eredményét a következőkben foglalhatjuk össze :

1. Jól lekerekített, járókeréktől távol elhelyezett csőszáj esetében a javasolt vízszállítás mérési módszer alkalmazható. Várható pontossága  $\pm 2$  százalék, ami a laboratóriumi vizsgálatnál kedvezőtlenebb üzemi körülmények között sem emelkedik a megengedhető  $\pm 5$  százalék fölé.

2. A szívószájon elhelyezett mérőnyílásokhoz közel forgó járókerék esetében ugyancsak használható a módszer minden további nélkül, ha a kerék és a szívószáj között könyök van. A kerék okozta zavarás az idomdarabon nem jut

túl, s így a mérőnyílásoknál a nyomást nem befolyásolja. Hazai telepeink nagy részénél ez az eset áll fenn. Ha a közelfekvő járókerék és mérősík között idomdarab nincs, a mérési módszer azzal a megkötéssel alkalmazható, hogy köztük az  $y_z$  zavarási távolságnál nagyobb köz legyen.

További feltétel, hogy fojtással nem szabad járni, mert a  $\varphi$  csökkenése miatt az  $y_z$  távolság növekedik és esetleg eléri a kerék-mérőnyílás távolságot. (Megjegyzem, hogy helyesen vezetett üzennél fojtásos üzemállapotnak nem szabad előfordulnia.)

Befejezésül rámutatok arra, hogy a zavarási távolság a járókerék kialakításának függvénye. A laboratóriumban a zavarás szempontjából leghatásosabbnak vélt, tengellyel párhuzamos síkokkal lapátozott kereket alkalmaztuk, így valószínű, hogy a közönséges propeller járókerék tényezője a mértnél kedvezőbb, kisebb  $y_z$  zavarási távolságot ad.

Ennek ellenére kritikus esetekben (igen közeli elhelyezésű mérőnyílás-járókerék) célszerű a berendezést az esetleges zavaró hatás megállapítása céljából hitelesíteni, vagy ha ez nem lehetséges, kisminta kísérellettel ellenőrizni.

#### IRODALOM :

- Mátyus Sándor* : Belvízátelövő telepek vízmérése. Vízügyi közlemények 1948. 4. sz.  
*Ihrig Dénes* : A belvízátelövő telepek vízhozamának mérése.  
 Vízügyi Közlemények 1948. 4. sz.  
*Itersen* : Eine neue Methode der Wassermengenmessung. Die Wasserkraft 1924. 16. Heft.  
*Dr. Pattantyús* : Korszerű belvízátelövő művek. Öntözésügyi Közlemények 1942.

## KÖNYVSZEMLE

*M. N. Letosnyev* : MEZŐGAZDASÁGI GÉPEK ELMÉLETE, SZÁMÍTÁSA ÉS SZERKESZTÉSE.

Akadémiai Kiadó, Budapest, 1951. 793 oldal, 480 ábra, 110.— Ft.

A hasonló című orosznyelvű szakmunka 1949-ben megjelent második kiadásának fordítása.

A könyv 7 főfejezetre osztva tárgyalja a mezőgazdasági gépek elméletét és azok szerkesztésénél figyelembe veendő szempontokat.

Az egyes fejezetek keretében részletesen foglalkozik a talajművelő gépek, különösképpen az ekék elméletével, továbbá a tárcsás talajművelő gépekkel, kultivátorokkal és boronákkal, majd a vető- és műtrágyaszórógépekkel; a fűkaszálógépek, aratógépek szerkesztésére vonatkozó elméleti megfontolásokkal, nemkülönben a gabonakombájnok vágószerkezetével; cséplőgépek egyes szerkezeti elemeinek, dobnak, szalmarázóknak és törekrázóknak, valamint a szelelőnek elméletével; a kombájnok szerkezeti kialakításánál figyelembe veendő szempontokkal, az ipari növények betakarítására szolgáló gépek, különösképpen a lennyűvőgépek elméletével; részletesen foglalkozik a különböző magtisztítási módok elméletével, végül a mezőgazdasági gépek járószerkezeteinek kialakításánál figyelembeveendő szempontokat tárgyalja.

*Rázsó Imre*

*M. A. Pavlov* : A NYERSVAS KOHÁSZATA.

Akadémiai Kiadó, Budapest, 1951. II. kötet, 496 oldal, 125 ábra, 60.— Ft.

A hirneves szovjet akadémikusnak, a leningrádi műszaki egyetem volt kohásztanárának egyik legértékesebb műve ez a kötet, amelyik most kitűnő kiállításban a magyar kohászok kezébe kerül. Ez a könyv Pavlov háromkötetes, hatodik kiadású nagy munkájának második kötete, de egymagában is önálló egész, mert a *nyersvas metallurgiájának teljes területét felöleli*. Éppen ezért fogják a magyar kohászok is örömmel fogadni, jól tudva, hogy a metallurgiai folyamatok ismerete az egyedüli biztos alapja a nyersvaskohászat tudományának.

Az első fejezet a *lefelé haladó nyersanyagoszlop és a felfelé szálló gáztömeg mozgási viszonyairól* szól. Részletesen ismerteti itt az adagoló szerkezetek történeti fejlődését, az adagolás módjának hatását és megadja az összefüggést az adagolás módszerei s az anyagrétegek alakváltozása között. Világosan bizonyítja, hogy a termelés folyamatossága és az anyagoszlop egyenletes levonulása érdekében mennyire fontos a felszálló gázok egyenletes eloszlásának biztosítása. Részletesen mutat rá azokra a módokra, amelyekkel ez az egyenletes eloszlás biztosítható.

A második fejezet a *betétanyagok fizikai és vegyi állapotának a nagyolvasztóban végbemenő változásait tárgyalja*. Ez a műnek legterjedelmesebb és egyben legfontosabb fejezete, minthogy ebben van szó a tüzelőanyag elégetésének módjairól, az oxidok redukciójáról és a vas szénitészéről, karbonizálásáról. Rendkívül értékesek az idevágó szovjetoroszországi üzemi kísérletek eredményei. Szerző itt világosan és számszerűen kimutatja, hogy a *közvetett (CO-dal történő) redukció túlnagy részesezése nem mindig jelent határozott előnyt*. A kétféle redukció részesezésének optimális aránya van és Pavlov határozottan kimondja, hogy »nem a kizárólag CO-val történő ideális redukciót kell — a hőmérleg és a szénfogyasztás szempontjából — a redukciós folyamat legjobb eredményének tekinteni, hanem a mérsékelt és magas hőfokon együttesen és csaknem egyformán kibontakozott redukciót«. (92. oldal).

Ugyanez a fejezet *sok szovjet nagyolvasztó salakjainak viszkozitásáról hoz részletes adatokat*. Ezeknek párját hiába keresnők bármelyik külföldi munkában. Ugyancsak sok részletes eredeti anyagot találunk ebben a fejezetben az *oxidációs zóna* mélységének és terjedelmének vizsgálatáról is.

A harmadik fejezet a *felszálló gáztömeg hőmérsékletének, nyomásának és vegyi összetételének változásait vizsgálja és sok értékes adatot tartalmaz*.

A negyedik fejezet a *nagyolvasztó hőfelvételének és hőleadásának viszonyait tárgyalja és ezzel kapcsolatban a hőmérlegek készítésének különféle módjaival is foglalkozik*. Bár ez a terület az, amelyen a legkevesebb újat lehet alkotni, Pavlov munkája ebben a fejezetben is sok új szempontot hívja fel a figyelmet, amikor részletesen kifejti a hőtömeg eloszlását a hőforgalom egyes tételeire. A nagyolvasztó anyagforgalmáról is figyelemreméltó adatokat tár az olvasó elé.

Ennek a fejezetnek legfontosabb része »*A hőmérleg adatainak felhasználása a nyersvas-gyártás elméleti és gyakorlati kérdéseinél*« című alfejezet. Itt említi meg a szerző, hogy a *száritott fűvósztél* használatát a Szovjetunióban kívánatosnak tartja, mert némi kokszmennyiség megtakarításán kívül jelentősen (10%-on felül) megnöveli a nyersvastermelést.

A nagyértékű műnek ez az utolsó fejezete a nagyolvasztó üzemében elérhető *legkisebb rajlagos tüzelőfogyasztásnak és az oxigénnel dúsított szél* használatának kérdéseiről is szól. A csernofeicsenszki *hengeres aknájá* 12,5 m magas nagyolvasztónak és egy külföldi kohónak üzemi eredményei meggyőzően beszélnek az oxigénes fújtatás nagy előnyeiről.

A könyv mindenben méltó szerzőjének hírnevéhez. A gyakorlati kohásznak és a tudományos kutatóknak egyaránt biztos útmutatója. Az elméleti megállapításhoz rendszeresen tapasztalati adatokkal is szolgál mind szovjet, mind idegen országok kohászatának köréből. Táblázatai rendkívül szemléltetők és több szempont szerint vannak megszerkesztve. Ezeknek a táblázatoknak sokszerűsége és módszere egészen egyedülálló a szakirodalomban. A fordítót és a szerkesztőt elismerés illeti meg a világos, szabatos és szép magyar szövegért.

Cotel Ernő

### Hazay István és Tárczy-Hornoch Antal: A GAUSS-KRÜGER KOORDINÁTÁK SZÁMÍTÁSA.

Akadémiai Kiadó, Budapest, 1951. 358 oldal, 42 ábra, 40 táblázat, 85.— Ft.

Magyarországon új elsőrendű háromszögelési hálózatot fejlesztünk ki. A új hálózat alappontjait már Gauss-Krüger koordinátákkal kívánjuk meghatározni. Az eddig ismert geodéziai ábrázolási módok között ez ugyanis az egyetlen, amely nemzetközi jellegű. Erre az ábrázolási módra tért, vagy tér át általában minden olyan ország, amely korszerű háromszögelési hálózatot fejleszt. Nemzetközinek mondható az ábrázolási mód, mert ez a Földet képviselő ellipszoid felületét egyenlő távolságú meridiánokkal ellipszoidos kétszögekké bontja és a síkon az egyes kétszögeknek megfelelő vetületi sávok az országhatárookra tekintet nélkül ábrázolhatják a kétszög egész területét az északi saroktól a déli sarokig. A szomszédos sávokat a csatlakozó oldalon ugyanaz a meridián, illetve ugyanannak a meridiánnak a képe határolja és így a sávok közötti csatlakozás minden geodéziai szempontot kielégítő módon megoldható. Igen nagy előnye az ábrázolási módnak, hogy a vetületi sávok beosztásának megfelelően az egy sávra megállapított összefüggések és készített táblázatok az összes sávokra egyaránt használhatók.

Nagy szolgálatot tettek a szerzők könyvük megírásával és a számításokhoz szükséges táblázatok elkészítésével, mert így megismertették velünk az ábrázolási mód elméletét minden részletében és olyan számítási eszközt adtak kezünkbe, amely egyszerűsíti vetületi számításainkat és jelentősen meggyorsítja geodéziai előrehaladásunkat.

A könyv első fejezete a vetületek fejlődésének történeti áttekintésével méltatja és világítja meg a Gauss-Krüger rendszer nagy jelentőségét. A további fejezetek részletesen tárgyalják az ábrázolási mód elméletét. És itt rá kell mutatnunk a könyvnek arra az előnyére, hogy behatóan foglalkozik azokkal az általános vetületi fogalmakkal is, amelyekből a Gauss-Krüger rendszer levezetései kiindulnak és így a könyv könnyen érthetővé válik azok részére is, akik a vetület-tannak csupán az alapelemeit ismerik. A nívós matematikai levezetések mellett mindig megtalálható az eredmények összeállítása is, amely nagy segítséget nyújt azoknak, akiknek nincs idejük a matematikai okfejtéseket végigkísérni.

Az előszóban, illetve az első fejezetben a szerzők megemlítik, hogy lelkiismeretesen felhasználták a szakirodalom eddigi eredményeit és különösen nagy hasznát látták Krüger munkájának, Jordán-Eggert kézikönyvének és legfőképpen Hrisztov könyveinek és mélyenszántó kutatásainak. Emellett azonban a szerzők kiterjedt önálló kutatásokat végeztek és jelentős elméleti és gyakorlati eredményeket mutattak fel. Különösen ki kell emelnünk a különböző átszámítási feladatok újszerű és gyakorlatilag az eddig ismert eljárásoknál sokkal kedvezőbb, előnyösebb és a megkívánt szélső pontosságot biztosító megoldásait. Így új eljárást dolgoztak ki a szerzők a szomszédos sávok közötti átszámításokra, a nagyméretarányú ábrázolás keskenyebb sávjairól a kisméretarányú térképezés szélesebb sávjaira való, tehát a különböző szélességű sávok közötti átszámításokra és a különböző ellipszoidokhoz tartozó vetületi sávok közötti kapcsolatokra. A megoldások mind matematikailag, mind gyakorlatilag nagyon ötletesek. A legutóbb említett átszámítási mód olyan feladatnak a megoldását adja, ami jól értékesíthető a nemzetközi geodéziai csatlakozások terén és amely — úgy hisszük — most már teljessé tette a Gauss-Krüger vetület problémáinak megoldását.

A Földet helyettesítő ellipszoidok között a két legkorszerűbb a nagy orosz tudós nevéhez fűződő Kraszovszkij-féle és a nemzetközi ellipszoidnak nevezett Hayford-féle ellipszoid. Hazánk környezetében mindkettővel találkozunk. Így nagy előnye a könyvnek és ilyen szempontból a mű úttörő, hogy a valamennyi vetületi feladat megoldásához szükséges táblázatokat mind a két korszerű ellipszoidhoz megadja és táblázatot ad a két ellipszoidhoz tartozó vetületi rendszerek közötti átszámításokhoz is. Ha átlapozzuk a könyvet, érzékeljük, hogy az ellipszoidonként 20—20, összesen 224 oldalra kiterjedő táblázat elkészítése mennyi fáradságos számítással járhatott.

Külön megemlítenő, hogy a könyv a vetületi számítások minden feladatának és ezek minden változatának megoldására számítási példákat ad, 41 számszerűen kidolgozott példával segíti a dolgozókat a számítások elsajátításában.

Úgy hisszük, hogy ez az új könyv a geodézia elméletének továbbfejlesztésén kívül gyakorlati munkánknak is egyik leghasználtabb kézikönyve lesz és segítségül fog szolgálni a szocializmust építő geodéziai munkálatainkhoz.

*Regőczy Emil*

*Tokody L. és Dudichné Vendl M. : MAGYARORSZÁG METEORITGYŰJTEMÉNYEI.*  
Akadémiai Kiadó, Budapest, 1951. 104 oldal, 24.— Ft.

A meteoritkutatók a természettudományok egyik legfontosabb ismeretága. A világról hozzánk érkező testek elemi és ásványos összetétele, szerkezete, alakja és egész anyagi alkata nélkülözhetetlen adatokat nyújtanak a helyes világgép megismeréséhez. A meteoritok ezért féltve őrzött és igen megbecsült kincsei természettudományi gyűjteményeinknek.

Magyarország legnagyobb meteoritgyűjteményét 484 hullási helyről 1295 példánnyal az Országos Természettudományi Múzeum Ásvány- és Kőzettára őrzi. Erről a gyűjteményről eddig méltó jegyzékünk nem volt. Az előző katalógust közel 70 évvel ezelőtt az akkori (254 db) állománynak megfelelően, Semsey Andor állította össze. Azóta tekintélyes gyarapodás történt s ez a gyűjtemény ma világviszonylatban is a legkiválóbbak közé tartozik. Tokody László a tár jelenlegi vezetője — az időközben elhunyt Dudichné Vendl Mária múzeumi őr ezirányú munkájának felhasználásával — most elkészítette a gyűjtemény teljes jegyzékét s egyúttal korszerű rendszerezéssel csoportosította az anyagot. Külön értéke a kiadványnak, hogy felöleli az Országos Természettudományi Múzeum gyűjteményén kívül az ország más nevezetesebb és érdemesebb gyűjteményeinek anyagát is. Így külön fejezetekként ismerteti az Eötvös Lóránd Tudományegyetem Ásvány-Kőzettani Intézete, a budapesti Műszaki Egyetem Ásvány-Földtani Tanszéke, a debreceni Ref. Főgimnázium és a nyíregyházai Jósza András Múzeum birtokában levő meteoritok jegyzékét is.

A munka teljességét fokozza, hogy rövid fejezetben ismerteti a Magyar Nemzeti Múzeum jelenlegi igen tekintélyes anyagot magában foglaló meteoritgyűjteményének kialakulását.

Szerző gondosságára jellemző, hogy a világirodalomban különböző néven szereplő lelőhelyekről összesítő, illetve egyeztető jegyzéket is közöl.

A három (magyar-orosz-angol) nyelven köztett munka elsősorban hazai és külföldi szakemberek s intézmények számára készült. Időszerűségét fokozza, hogy az 1948-as londoni nemzetközi geológiai kongresszus a meteoritvizsgálatok legújabb eredményei kapcsán, külön felhívással fordult az egyes országok szakköréhez a birtokukban levő meteoritanyag rendszerezésére, illetve jegyzéke foglалására. A Szovjetunió már 1947-ben Krinov L. összeállításában közölte meteorit anyagának katalógusát.

*Sztróky Kálmán Imre*

*Vadász Elemér : BAUXITFÖLDTAN.*

Akadémiai Kiadó, Budapest, 1951. 128 oldal, 24.— Ft.

Vadász Elemér Bauxitföldtan c. munkája a bauxitra vonatkozó ismeretek korszerű összefoglalásával régi hiányt pótol szakirodalmunkban. Munkájában földtani megvilágításban közli a bauxitra vonatkozó ellentétes eredményeket és véleményeket és rámutat megoldásra váró feladatokra.

A könyv két részre tagolódik : 1. általános részre, 2. a Föld legfontosabb bauxitterületeinek rövid, összefoglaló és kiértékelő leírására.

Az általános részben a bauxit eredetére és elterjedésére vonatkozóan szerző a következőket állapítja meg :

A bauxit szárazföldi eredetű, trópusi, szubtrópusi klímához kötött üledék, mely kiemelkedéses szárazföldi időszakot, hosszabb üledékmegszakítást jelez és különböző kőzetekből keletkezett szialitos anyagokból jön létre. A karbonátos kőzetek kioldódásából származó terrarossa nem elégséges a bauxitképződés kérdésének magyarázatára. Vadász tisztázza és élesen elválasztja a bauxit és laterit fogalmát. A laterit kezdetleges állapotú bauxit, melyet vegyi bomlás és kolloidfolyamatok alakítanak bauxittá.

A bauxit nem általános elterjedésű, hanem időben és térben meghatározott földtani időszakokhoz és bizonyos éghajlati övekhez kötött. A 40. szélességi foktól északra nincsenek bauxitelfordulások. A bauxitterületek közötti kor- és térbeli összefüggés »A Föld bauxitelfordulásainak elterjedése« c. térképről jól olvasható. Ilyen jellegű összefoglaló ábrát a Föld összes bauxitelfordulásairól még a világirodalomban sem találunk.

A bauxitterületek két fő genetikai csoportba oszthatók: a) magmás kőzetekhez kötött, helyben maradt laterit-bauxitra és b) vízi úton átdolgozott, karbonát-alzatú karszt-bauxitra. Laterit-bauxit képződést ma is ismerünk, ezzel szemben karbonátos-alzatú bauxittelepülés az eocén után nem jött létre.

A hazai előfordulásokat tömören, a magyar és szovjet geológusok új adatainak felhasználásával, számos ábrával és szelvényvel kiegészítve tárgyalja.

A könyv a bauxit származásával és képződésével kapcsolatos problémákat nem oldja meg. De a kérdések tömegét kelti az olvasóban és rámutat elsősorban a hazai bauxitnál a megoldásra váró feladatokra, a legsürgősebb és legtöbb eredményt ígérő vizsgálatra. Így tehát a könyv nemcsak elsőrendű kézikönyv hazai szakembereinknek, hanem iránytmutató, alapvető munka szocializmust építő fiatal kádereink számára.

A számos földtani szelvényvel, térképpel, fényképpel és táblázattal kiegészített munkát az Akadémiai Kiadó igen szép formában és kiállításban hozta ki.

*Székyné Fux Vilma*

A SZÍNESFÉMEK FÉLGYÁRTMÁNYAINAK TECHNOLOGIÁJA. Szerkesztette :  
Dr. Geleji Sándor : Akadémiai Kiadó, Budapest, 1952. 434 oldal, 417 ábra, 60.— Ft.

Ez a könyv a Mérnöki Továbbképző Intézetben 1949. tavaszán tartott előadások átdolgozott és kiegészített gyűjteménye. 14 fejezetét, amely tehát eredetileg tizennégy előadás volt, tizenkét szerző írta, akik ezen a területen a legjobb szakemberek közé tartoznak.

Az első fejezet, amelynek szerzője Skriba Zoltán, a színesfémötvözeteket ismerteti. A 2. fejezetben Réti Pál a színesfémek mechanikai és technológiai tulajdonságait írja le. A 3. fejezetben Schey János a színesfémöntések olvasztóberendezéseit tárgyalja. A 4. fejezetben Bella Ede a hengerlési és sajtolási tömbök öntését adja elő. Az 5. fejezetben Solti Márton az alakos öntést tárgyalja behatóan. A 6. fejezetben Dr. Verő József a színesfémek olvasztásának és öntésének metallografiai vonatkozásait írja meg. A 7. fejezetben Dr. Geleji Sándor a képlékeny alakítási műveleteket, a kovácsolást, sajtolást, hengerlést, hideghúzást, tárgyalja. A 8. fejezetben Dr. Verő József a képlékeny alakítási műveletek metallografiai vonatkozásait fejti ki. A 9. fejezetben Köves Elemér a különböző hőkezelő kemencéket, a 10. fejezetben pedig a pácolást ismerteti. A 11. fejezetben Hajtó Nándor dr. az alakított fémek belső feszültségéről ír. A 12. fejezetben Széki Pálma a korrózióval foglalkozik. A 13. fejezetben Heeringer József a fémek villamos vezetőképességét tárgyalja. A 14. fejezetben Pogány Miklós a színesfémek hegesztését és forrasztását ismerteti.

Mindegyik fejezethez bőséges irodalom csatlakozik. A könyv használhatóságát pedig gazdag tárgymutató emeli.

A szerkesztő és a munkatársak szeme előtt a könyv anyagának összeállításánál és feldolgozásánál az a cél lebegett, hogy olyan művet hozzanak létre, amelyben mindenki, aki a színesfém félgyártmányok gyártásával foglalkozik, összefoglalóan mindent megtaláljon, amire munkája közben szüksége lehet. Meggyőződésünk szerint ezt a célt sikerült elérni. Ilyen műre a magyar műszaki irodalomban már régóta szükség volt, s így a könyv megjelenése annak gazdagodását jelenti.



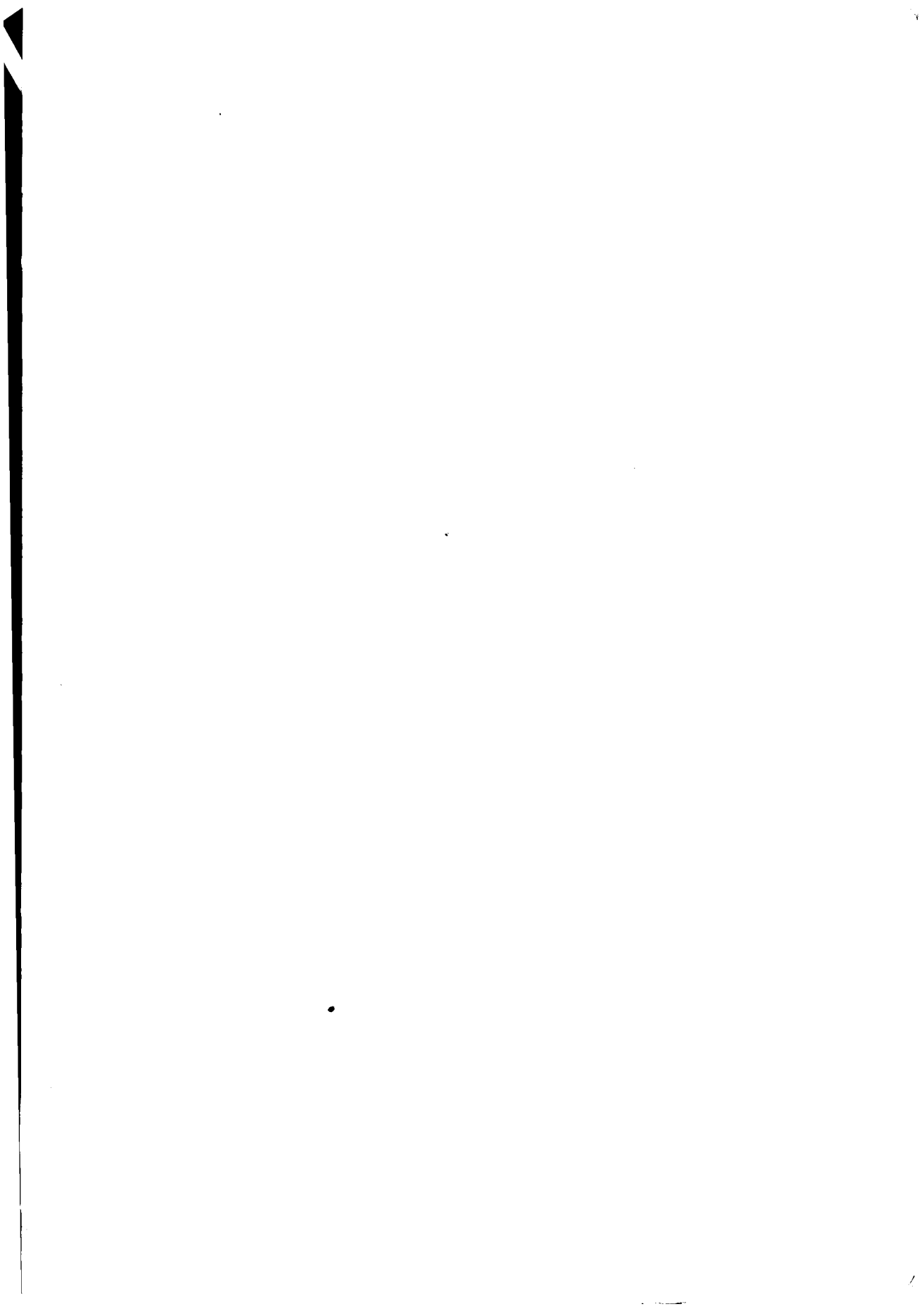
## TARTALOMJEGYZÉK

<i>Geleji Sándor</i> : A drót- és rúdhúzás több problémájának elméleti és kísérleti adatokkal való megvilágítása .....	227
<i>Verő József</i> : Ötvözetek szoliduszának meghatározása dilatométerrel .....	255
<i>Méhes Kálmán és Csókás János</i> : A bauxitban lévő rádióaktív elemek meghatározásáról .....	271
<i>Szőnyi Gábor</i> : Fémek hőokozta tágulásának 1 <sup>0</sup> / <sub>0</sub> pontosságú mérése .....	275
<i>Rákossy Béla</i> : A hozzáfolyási magasság csökkentésének lehetőségei melegvizet szállító turbínaszivattyúknál .....	293
<i>Almássy György és Varga László</i> : Repülőgépek laboratóriumi rezgetési vizsgálata .....	305
<i>Blahó Miklós</i> : Felhajtóerő és ellenállásmérések kis Reynolds számnál .....	325
<i>Litvai Elemér</i> : Hangsebességű beszívó szélcsatornák .....	339
<i>Forbáth Róbert</i> : A nagyolvasztósalak száraz szemcsézése .....	363
<i>Fáy Csaba</i> : Nagy vízszállítás mérése szívószájon .....	391

### *Könyvszemle*

- M. N. Letosnyev*: Mezőgazdasági gépek elmélete, számítása és szerkesztése. Rázsó Imrétől.
- M. A. Parlov*: A nyersvas kohászata. Cotel Ernőtől.
- Hazay István és Tárczy-Hornoch Antal*: A Gauss-Krüger koordináták számítása. Regőczy Emiltől.
- Tokody L. és Dudichné Vendl M.*: Magyarország meteoritgyűjteményei. Sztrókay Kálmán Imrétől.
- Vadász Elemér*: Bauxitföldtan. Székyné Fuchs Vilmától.
- A színes fémek félgyártmányainak technológiája. Szerkesztette Dr. Geleji Sándor.





Ára: 33 Ft

---

Akadémiai Kiadó (Budapest, V., Alkotmány-u. 21.) Felelős: Mestyán János

Akadémiai nyomda, Gerlőczy-utca 2. — 14842/52 — Felelős vezető: ifj. Puskás Ferenc

MAGYAR  
TUDOMÁNYOS AKADÉMIA  
MŰSZAKI TUDOMÁNYOK OSZTÁLYÁNAK  
KÖZLEMÉNYEI

II. KÖTET 4. SZÁM

SZERKESZTI  
HEVESI GYULA



MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA  
BUDAPEST, 1952

MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA  
MŰSZAKI TUDOMÁNYOK OSZTÁLYÁNAK  
KÖZLEMÉNYEI

SZERKESZTI  
HEVESI GYULA

II. 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 különnyomat 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.

# AKADÉMIAI HIDROLÓGIAI KONFERENCIA

1951. JÚNIUS 19—20.

## ELŐSZÓ

A Tisza és Duna folyón létesítendő vízlépcsők *hazánk természetátalakítási tervének* legfontosabb részei.

A Tiszántúl természetátalakítási tervének gerincét *a Tisza folyó csatornázása* alkotja. A folyóba épített három vízlépcső segítségével mintegy 350,000 hektár területet teszünk öntözhetővé. Ehhez a hatalmas öntözési programhoz erdősítési, fásítási, talajjavítási munkálatok kapcsolódnak össze. Ezenkívül a belvízrendezés és ármentesítés fejlesztése is szerves része a tervnek, amelynek segítségével még biztonságosabbá és eredményesebbé tesszük a mély területek mezőgazdasági termelését.

Az energiatermelés érdekében erőtelepek, a víziközeledés érdekében hajószilipek épülnek a vízlépcsőkben. A Tisza folyó a hozzá csatlakozó és kereken 100 km hosszú — a Tiszántúlt átszelő — hajózható öntöző főcsatornával és a befogadó Körös vízrendszerrel együtt nagy teljesítőképességű hajóútakat biztosít, amelyen az év minden szakában 1000 tonnás uszályok közlekedhetnek. A vízerőtelepek az országnak energiahordozókban legszegényebb vidékén adnak áramot a települések és a mezőgazdaság számára.

*A dunai vízlépcsők* elsősorban az energiatermelés érdekében létesülnek, de itt sem hanyagolhatók el a hajózás és az öntözés szempontjai.

Mind a dunai, mind a tiszai vízlépcsők létesítésével és a hozzájuk vízgazdaságilag kapcsolódó területek, illetőleg országrészek rendezésével egyidejűleg meg kell oldani az ipari- és ivóvízellátás, továbbá a halászat problémáit is. Az épülő vízerőművek, de különösképpen a dunai erőtelepek az ország számára *jelentős szénmegtakarítást* eredményeznek majd.

A szóbanforgó nagy vízi műtárgyak létesítéséhez — amelyekhez hasonló méretű művek Magyarországon eddig még nem épültek — rendkívül sok és igen bonyolult tudományos kérdést kell tervszerűen megoldani. Ezek közül a problémák közül — a dolog természetének megfelelően — kiemelkednek a hidrológiai és hidrogeológiai feladatok.

A magyar tudományos világnak különös öröme szolgált, hogy e feladatok megoldásának kezdeti nehézségeinél nálunk tartózkodott *L. A. Eliava* szovjet szakértő mérnök, a tbilisi vízerőmű tervező irodájának vezetője, aki behatóan tanulmányozta a Tisza-csatornázással és a dunai vízlépcsőkkel kapcsolatos hidrológiai és hidrogeológiai kérdéseket. Különösen *a duzzasztás és a talajvízállás kölcsönhatását* vizsgálta. Részletes vizsgálatainak eredményeit összefog-

laló tanulmányának rövid kivonatát a Konferencián is előadta. Ehhez az előadáshoz csatlakoztak azután az árvízkérdéssel, a jéggel, a hordalékkal és a dunai vízerőhasznosítás problémájával foglalkozó előadások.

Az elhangzott előadások alapos visszhangot keltettek, amit a kiadványban közzétett vitaanyag élénken bizonyít.

A Magyar Tudományos Akadémia Konferenciájának — melynek anyagát itt közöljük — az volt a célja, hogy a dunai és tiszai vízlépcsők megvalósításával kapcsolatos legfontosabb hidrológiai kérdéseket széleskörű tudományos megvitatás tárgyává tegye, a vita eredményeit a feladatokkal foglalkozó kutatóintézetek és tervezőirodák számára leszűrje és ezzel e művek megvalósítását, az országos jellegű természetátalakítási tervek leghelyesebb megoldását elősegítse és ezzel is előbbre vigye öt éves népgazdasági tervünk egyik legjelentősebb feladatának végrehajtását.

A résztvevő román és cseh tudósok értékes hozzászólásaikkal jelentősen hozzájárultak a konferencia sikeréhez.



# A TISZA-CSATORNÁZÁS LEGFONTOSABB HIDROLÓGIAI PROBLÉMÁI

L. A. ELIAVA

a Tbiliszi Állami Vízérőmű Tervező Intézet vezetője

A feladat megismeréséhez a következő anyag áll rendelkezésemre :

- a) a Vízrajzi Intézet évi jelentései, amelyek az egész országra vonatkozó vízrajzi, csapadék- és meteorológiai adatokat tartalmazzák ;
- b) a megfigyelő kutakban észlelt talajvízszint ingadozások ;
- c) a talajvízszintet, annak a föld színe alatti mélységét és az ingadozások értékeit jellemző rétegvonalas térképek és
- d) az adott vidék geológiai tanulmányozásáról összeállított anyag.

Miután a meglévő anyag és az adott kérdésekben érdekelt több vezető munkatárssal folytatott megbeszélések alapján kialakult a végleges vélemény, kitűnt, hogy a talajvízmozgásokra vonatkozó elvi kérdésekben a nézetek meg-egyeznek. Így a következtetések alakjában adott véleményt úgy kell tekinteni, mint e kérdésben már kialakult véleményhez való csatlakozásomat.

## I. Természeti adottságok

### 1. A domborzati viszonyok jellemzése

Topográfiailag a Tiszavölgy egyenletes terepalakulat, északról dél felé, a folyó folyásával megegyező irányban húzódó általános eséssel. Kiemelkedések vannak a medencének a folyó balpartja felőli északkeleti és délkeleti részein. A jobbparti részen észak felől a folyóhoz a Kárpát hegység nyúlványai ereszkednek le. A jobbpart többi része a Duna—Tisza köze, amelyet buckás szakaszok jellemeznek.

*A Tisza-medencében olyan területek is vannak, amelyek alacsonyabban fekszenek a folyó árvízszintjénél. Ilyen részek a balparti vidékeken : a Büdsszentmihály és Polgár közötti terület, a Tisza és Hortobágy folyó között a Törökszentmiklós—Kisújszállás—Karcag vonalában fekvő terület, a Kurca és Tisza folyó szöge, valamint a Maros és Tisza folyók köze. A jobbparti részen a mélyenfekvő vidékek a következők : a Bodrog és Tisza folyók szöge ; Tiszabó község és Szeged város környéke.*

## 2. A terület geológiai jellemzése

A tiszamenti alföld geológiai jellemzése vízáteresztőképesség szempontjából nagy általánosságban a következő: a Tisza folyó medencéjének legnagyobb része kevéssé vízáteresztő talajból áll, legtöbb helyen agyagos és iszapos összetételű. A medence egyrésze futóhomokkal van borítva, legnagyobbak a Nyírség, a Nagykunság, a Duna—Tisza köze és Sajó—Hernád közötti területek. E helyek jó vízáteresztők.

A Tisza és a Zagyva árterületeinek talajai szivárgási szempontból gyengén áteresztőnek minősítendők.

Tektonikai szempontból a Tisza völgyét törések sora szabta meg.

Ezek közül fontosabbak azok, melyek körülbelül egybeesnek a Tisza és Körös folyók medrével.

## 3. Hidrológia és meteorológia

A Tisza-medence hidrológiai és meteorológiai viszonyainak feljegyzését a medencében elhelyezett állomások és megfigyelőhelyek széles hálózata végzi. Az így összegyűjtött hosszú idejű megfigyelésekből meg lehet állapítani a folyó vízjárásának és a meteorológiai körülményeknek főbb jellemző tulajdonságait.

A Tisza táplálásában jelentős szerepet játszanak az olvadási és esővizek, amit a vízállások idősgörbéjének jellegzetes csúcsaiból és azoknak nagy számából láthatunk.

A meteorológiai körülmények sajátága: a hőmérsékletváltozás azonos jellege és az egész Tisza-medencében egyidőben végbemenő esőzés. Ez a fizikai-földrajzi viszonyokkal és az aránylag nem nagy területtel magyarázható. A legtöbb esetben, ha az Alföldön esőzések vannak, akkor esik a hegyvidékeken (a Tisza és mellékfolyói felső szakaszán) is, ami a folyó forrásvidékeinek és a vízgyűjtő-medencék felső részeinek nem nagy tengerszint feletti magasságával magyarázható. Így a Tiszavölgy csapadékgrafikonja és a folyó vízállási idősgörbéje legtöbbször egyidejű hullámokat mutat (az Alföldön és a hegyes vidékeken egyidőben végbemenő esőzések miatt, ami a medence alföldi részének a folyóra gyakorolt látszólagos és gyors hatását mutatja). A folyó vízállásgörbéjének a tiszai medence csapadékgrafikonjával való összehasonlításakor megfigyelhető, hogy a csapadékok és a vízállásgörbe-csúcsok között a folyó alsó szakaszán néhány napi eltolódás van. Ez az eltolódás azzal az idővel magyarázható, amely arra szükséges, hogy az árhullámok a hegyvidékekről a folyó alsó folyásáig eljussanak.

## 4. Hidrológia

A talajvizek mozgásának tanulmányozását a Tisza-medence egész területén elhelyezett kutak segítségével végzik. A kutak száma több mint 500. Jelenleg a megfigyelés az összes kutaknál havonta tízszer, azaz minden harmadik nap történik.

A megfigyelés időtartama az egyes kutaknál különböző. A maximális időtartam 17 év.

Az elmúlt időben csak a talajvíz vízszintingadozását mérték, a többi jellemzőt, pl. a mozgás irányát, mozgás sebességét, stb. még nem tanulmányozták.

A talajvizek szintjére vonatkozó megfigyelések adatai alapján több térképet szerkesztettek az egész Tisza-medencének és a Duna—Tisza közének izohipszáival.

## II. A talajvízmozgások elemzése

(Magyarázó ábrák a tanulmány végén)

Ha elemezzük a talajvíz szintjére vonatkozó megfigyeléseket, akkor megállapíthatjuk ingadozásaik különböző jellegét. Ezek:

- a) *a folyó vízszintváltozásainak megfelelő ingadozások,*
- b) *a nyári időszak kivételével a folyó vízszintjének változásával megegyező ingadozások,*
- c) *a kismérvű ingadozások, melyek az idősorgrafikonban közel vízszintes vonalat adnak.*

Az a) eset olyan kutaknál fordul elő, melyek a folyó közvetlen közelében vannak. Az, hogy a folyó vízállásváltozásai egybeesnek a kutakban való ingadozásokkal, azt mutatja, hogy ezeken a helyeken a folyó kapcsolatban van és befolyást gyakorol a talajvizek szintjére.

A b) eset azoknál a kutaknál áll fenn, melyek a folyó közvetlen közelébe eső sávon túl vannak olyan helyeken, ahol nincs mélyen a talajvízszint. Összehasonlítva ezekben a kutakban a talajvízszint ingadozásának grafikonját a folyó vízszintváltozási grafikonjával, valamint a csapadékok és a hőmérsékleti ingadozás grafikonjaival — azt a következtetést lehet levonni, hogy a talajvíztükör alakulása a csapadék és a hőmérséklet függvénye.

Ezt a következtetést bizonyítani lehet azzal, hogy a nyári időszakon kívül a talajvízállás és a csapadék ingadozása teljesen megegyezik. A nyári időszakban azonban ez a szinkron helyzet a magas hőmérséklet és a párolgás miatt nincs meg. Emiatt a talajvízészlelő kutak vízállásingadozását kifejező grafikon nyári szakaszai kismértékű ingadozást mutatnak. Ha a folyó hatást gyakorolna ezekre a kutakra, úgy a folyó vízszintje és a kutak vízszintje közötti ingadozásban megnyilvánuló egyidejűség a nyári időszakban is feltétlenül érvényesülne. Bizonyítani lehet még a Tisza és a talajvízállás közti függetlenséget azzal is, hogy hiányzik az egyidejűség az ingadozásoknál akkor is, amikor a folyóban az árvizeket csak a hegyvidéki csapadék okozza.

A c) pont azoknak a kutaknak az esete, melyek éppen úgy, mint a b) pontba tartozók, a folyó közvetlen környezetén kívül vannak, de a talajvíztükörük mélyen van. A kis ingadozásokat ebben az esetben a csapadék kisebb

*befolyásával magyarázhatjuk*, minthogy a talajvíz mély fekvése miatt azok vízszintje csak később és lényegesen kisebb mértékben reagál a csapadékokra. Ezekben a kutakban a talajvízszint kismértékű ingadozása ugyancsak azt bizonyítja, hogy a folyó nincs rá hatással.

A talajvízrétegvonalak térképe — a talajvízszint sokévi átlagos állása — világosan visszatükrözi, hogy a talajvízfelszín a Tiszántúl és a Duna—Tisza köz domborzatával nagyjában megegyezik. Ez a megegyezés a talajvízszint és a terepalakulás között ugyancsak igazolja azt, hogy a földalatti vízgyűjtőket csapadék táplálja.

A talajvíztükörnek a felszín alatti átlagos mélységét jelölő térképen figyelemreméltó néhány tölsér. Ezek közül a legnagyobb a Körös-medencében van, a Kettős Körös és a Berettyó összefolyása alatt. E tölsérnek a Körös és Hortobágy összefolyásánál lévő középpontja egybeesik a Körös medre mentén húzódó tektonikus vetődés vonalával. A tölsér jelenléte alapot ad annak a feltételezésére, hogy a talajvíz ezen a helyen depressziós területet alkotva a tektonikus repedésen keresztül lejjebb fekvő szintbe folyik.

Azonos jelenségnek kell előfordulnia két másik kisebb méretű tölsérben is, amelyek középpontja ugyancsak egybeesik a Tisza mentén vonuló tektonikus törésekkel. Ezek egyike a Tisza felső szakaszán, Záhonynál, a másik a középső szakaszon, Tiszafürednél van.

Ami a Debrecentől keletre levő tölsérről illeti, annak középpontja nem esik egybe a tektonikus töréssel, hanem kissé északra esik. Lehetséges, hogy a tölsér képződésének oka az ottani kőzet nagyobb áteresztőképessége.

A talajvízszint maximális ingadozását sokévi átlagban kifejező vízszint-retegvonalterkép abból a szempontból figyelemreméltó, hogy a kilengés maximális értéke a Tiszához közvetlenül csatlakozó helyen van.

Figyelembévéve, hogy a Tisza medre nagyjában tektonikus repedés felett helyezkedik el, fel lehet tételezni, hogy a nagyobb kilengések oka ez a repedés. Lehetséges, hogy a folyóban hosszú ideig tartó alacsony vízállás esetén a »talajvízszint«, — a folyó közvetlen közelében kis áteresztőképességű helyeken, — annak következtében csökken, hogy a talajvíz ebbe a repedésbe folyik, hosszú ideig tartó magas vízállás esetén pedig a talajvízszint megfelelően emelkedik.

### III. Következtetések

A kérdés ismeretének jelenlegi fokán az alábbi következtetéseket vonhatjuk le:

1. A Tiszántúl talajvízmozgásának további pontos megállapítása érdekében — úgy a jelenlegi, mint a csatornázás utáni állapotnak megfelelően, folytatni kell a tudományos munkát és az észlelési adatok gyűjtését.

2. *A tiszai alföld földalatti vízgyűjtőit a csapadék táplálja.* Ezzel kapcsolatban *a talajvízszint ingadozását mindenütt, a közvetlenül a folyóhoz csatlakozó*

szakaszok kivételével, a csapadékjárás és a csapadéknak mind a felszínről, mind a talaj mélyéből történő elpárolgását előidéző hőmérsékletviszonyok okozzák.

Néhány esetben említésreméltó a helyi jellegű adottságok hatása, mint pl. a talaj áteresztőképességi együtthatójának vagy az egyes helyek geológiai szerkezetének különbsége. Ezzel lehet feltételesen magyarázni a talajvíztükörben több tölcser jelenlétét és a talajvízszint nagyobb ingadozását a folyók közelében.

A talajvízszintingadozás alapján három jellemző alakban fordul elő :

a) A terepszinthez közeli talajvízállású helyeken a szint a csapadékjárásnak megfelelően ingadozik, a meleg időszak kivételével, amikor a párolgás befolyásolja a talajvízszint ingadozását és ezzel megzavarja a csapadék- és talajvízszintingadozás jellegének hasonlóságát.

b) Alacsony talajvízállású helyeken, annak következtében, hogy a talajvízszint nem reagál gyorsan az időjárási tényezők változásaira és a hőmérséklet ingadozására, a talajvízszintingadozás az egyenes vonalhoz közelállóan kiegyenlített jellegű.

c) A folyó közvetlen környezetében a talajvízszint a folyó vízszintjét követve ingadozik.

Ilyen módon a talajvíz, a folyó közvetlen közelében lévő helyek kivételével, nincs összefüggésben a folyó vízszintjével.

Az ismeretek jelenlegi állapota a tárgyalt kérdésben nem ad lehetőséget annak megállapítására, hogy a Tisza-medence földalatti vízgyűjtői távolabbi tényezőkkel, mint például szomszédos folyómedencékkel, vagy távoli hegyvidékek talajvizével összeköttetésben vannak-e. Ha ilyen tényezők vannak is, azok nagy talajvízszintingadozást, amilyent magas vízállású kutakban lehet megfigyelni — nem okozhatnak, hanem csak a földalatti vízgyűjtő részbeni táplálásában tudnának résztvenni.

3. A Tiszavölgy talajvízmozgását a tervezett viszonyok esetében a Tiszán a tiszalöki, tiszabői és szegedi szelvényben épített gátakkal létesített duzzasztott vízszint határozza meg. A duzzasztott vízszint hatását a talajvíz mozgására általános esetben két tényező befolyásolja :

a) a duzzasztás magassága és b) a duzzasztás időtartama.

Ami a duzzasztás magasságát illeti, az mind a három szelvényben lényegesen alacsonyabb az árvíz idején észlelt nagyvizek szintjénél. A duzzasztott vízszint Tiszalök, Tiszabő és Szeged vízierőműveinél 94, 87 és 79 m A. f., a maximális árvízszint pedig ugyanezekben a szelvényekben 98, 90 és 84 m A. f.

A megfigyelések adatai alapján megállapították, hogy az árvízszint a talajvízmozgásra nem hat gyorsan. Ennek következtében teljesen nyilvánvaló, hogy egyébként azonos körülmények között a duzzasztott szint ugyancsak nem gyakorol hatást.

Ami az időtartamot illeti, mindenekelőtt meg kell jegyezni, hogy a csatornázás előtti időben az áradás időszaka hozzávetőlegesen 1—5 hónap, míg a csatornázás után a duzzasztott szint időtartama állandó lesz.

*Nem tulajdonítok az időtényezőnek nagyobb jelentőséget* a tiszai duzzasztás következtében beálló talajvízmozgásoknál az alábbi megfontolások alapján :

a) A folyóból adott duzzasztási viszonyok mellett történő szivárgásra vonatkozó számítások a Tisza alsó folyásánál lévő területek egyikére határozott eredményt adtak. E számítások szerint a folyó közelében a talajvízszint jelentéktelen mértékben emelkedik, a folyótól távolabb azonban ez gyakorlatilag megszűnik.

A számított emelkedett talajvízszint a legtöbb esetben alacsonyabb a fentemlített alföldi területek felszínénél és nem veszélyes annak elmocсарasodása szempontjából.

b) Abban az esetben, ha a magas vízszint és a talajvíz között összefüggés volna, a talajvízszintnek, a tavaszi magas áradásnak 1—5 hónapnyi ideje alatt bár nagy időeltolódással, reagálnia kellene.

c) A Tiszához csatlakozó alföldi területeket alkotó talajok geológiai összetétele és azok geológiai értékelése vízáteresztőképesség szempontjából kedvező.

d) *A tervezett viszonyok között a talajvíz emelkedését korlátozó fontos tényező a felső és az alsó böge közötti vízszintkülönbség. Ez utóbbi a gát megkerülésével a felső böge felől az alsó felé jelentős esést okoz.* Ez az esés a szivárgási áramlásokat — ha ilyenek elő is fordulnak — nem a folyótól oldalirányban, hanem a gátat megkerülő irányban alakítja ki. Igaz, hogy ennek az esésnek a hatása a folyón felfelé a gát szelvényétől való távolodás mértékében csökken, de viszont ugyanúgy csökken a duzzasztás nagysága is, közeledve a természetes feltételekhez.

*Abban az esetben, ha közvetlenül a folyóhoz csatlakozó helyek elmocсарasodása a műtárgyak építése után előfordul, akkor az csak korlátozott keretek között képzelhető el és ellene a jelenlegi belvízátemelés segítségével könnyűszerrel védekezhetünk.*

Valamennyi fent felsorolt következtetés vonatkozik a Bodrog—Tisza közére abban az esetben, ha töltésekkel körül lesz zárva.

*Ilyen módon a fent elmondottakból kiindulva az alföldi területek egyes részeinek a folyóból szivárgás útján történő elmocсарasodásának lehetőségét nem kell gátló tényezőnek tekinteni a tiszai probléma megoldásában.*

4. A talajvizek áramlása kérdésének további kiderítése céljából folytatni kell azok szintjének állandó megfigyelésével kapcsolatos munkát. Ezenkívül meg kell szervezni a talajvizek mozgási irányára és azok sebességére vonatkozó megfigyeléseket. A mozgás irányára és sebességére nézve kapott adatok a talajvíztükör ingadozására vonatkozó adatokkal együtt lehetővé teszik, hogy kellő megbízhatósággal felderíthessük a talajvizek egész természetét. Különösen ki-

deríthetjük, hogy mi okozza a talajvizek felszínén a tölcserképződést és a nagy ingadozásokat a Tisza folyóval kapcsolatban álló részeken. Ez megkönnyíti azt is, hogy megállapíthassuk a földalatti víztároló természetére befolyással bíró egyéb tényezőket is. *A talajvizek mozgásának tanulmányozási rendszerében igen fontos körülményként szerepel a tervezett viszonyok között a tiszalöki vízerőmű befejezése és azon a tervezett duzzasztás létesítése. Megfelelő észleléseket kell majd elvégeznünk a talajvíztükör változásának rögzítésére a tiszalöki vízerőmű üzembehelyezése után.*

A talajvizek mozgásának a tervezett viszonyok közötti tanulmányozásával kapcsolatban fentebb elmondottaknak igen nagy jelentősége lesz az egész földalatti víztároló tanulmányozása szempontjából.

Ez a kérdés különösen fontos a szegedi vízerőmű tekintetében, amennyiben a talajvizeknek a tervezett viszonyok közötti kedvezőtlen mozgása a város területén káros hatásokat okozhat.

Abban az esetben, ha a további tanulmányozás során megerősítést nyer az a feltételezés, hogy az ingadozások nagy értékei a folyó mentén összefüggésben vannak a tektonikus törésekkel, akkor szükségessé válik, hogy mennyiségi-értékkeljük a folyóból a duzzasztásnál az adott repedésbe menő szivárgási veszteségek nagyságát. Ez a körülmény fontos a vegetációs időszak alatti minimális vízhozamok esetében vízszegény évben.

Annak a kérdésnek eldöntésénél, hogy milyen sorrendben kell elvégezni az előttünk álló, e tanulmányban leírt munkát, tekintetbe kell venni, hogy a hidrológiai kérdések, amikor azok nagy területet átfogó általános, regionális természetűek, az adott vidék általános geológiájába tartoznak.

Ebben az esetben nem lehet a hidrológiai folyamatot tanulmányozni anélkül, hogy párhuzamosan és azzal szoros összefüggésben ne tanulmányoznók a geológiát is. Ezzel kapcsolatban helyes volna a munkák leírt terjedelmét két részre osztani.

Az elsőt, a tulajdonképeni *hidrogeológiai részt*, amely egyik részében geológiai is, és amelynek igen nagy része tudományos jellegű, a Földtani Intézet végezné el.

A második részét pedig, amelynek szükségességét a *Tiszacsatornázás megvalósítása diktálja*, át kell adni az építéssel kapcsolatban levő szervezetnek (*Hidrológiai Intézetnek*). A munka második részébe a következő elemeket kell felvennünk:

a) a hidrológiai viszonyok változásának rögzítése a tiszalöki körzetben a mű megépítése után,

b) a szükséges hidrológiai munkálatok megállapítása Szeged környékén a kiinduló adatok kiderítése szempontjából,

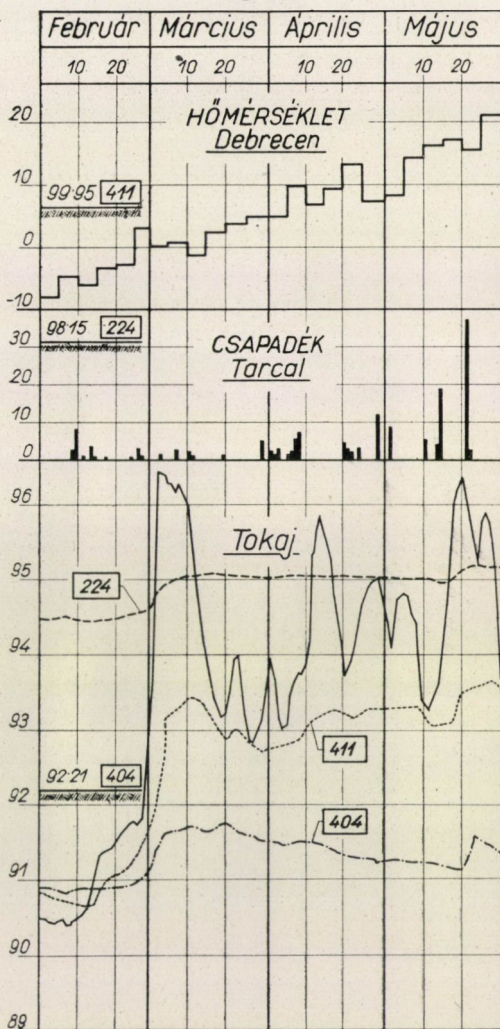
c) annak megállapítása, hogy lehetséges-e tektonikus repedésbe való szivárgás a Tisza folyó mentén a tervezett körülmények között,

d) a szivárgásra vonatkozó számítások, és pedig mind a meglevő, mind pedig a tervezett körülmények között stb.

Abban az esetben, ha a munkák szétválasztására vonatkozó fent leírt elképzelésünket figyelembe veszik és meg is valósítják, akkor e munkák végrehajtói között a legszorosabb kapcsolatot kell létesíteni, hogy kiküszöböljük a munkában előállható párhuzamosságot, valamint abból a célból, hogy a gyakorlat által támasztott összes feladatot helyesen és kötelezően vegyük figyelembe.

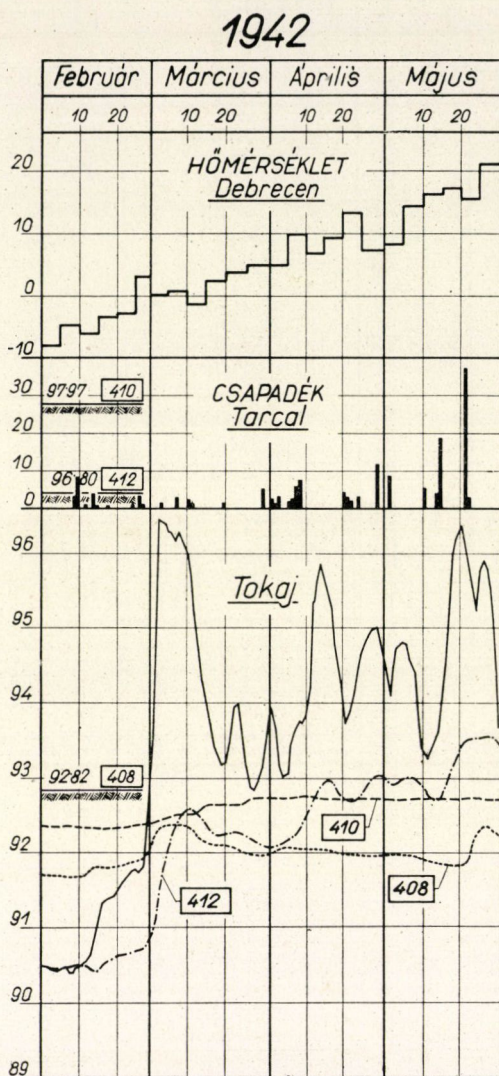


1942



1. ábra magyarázata

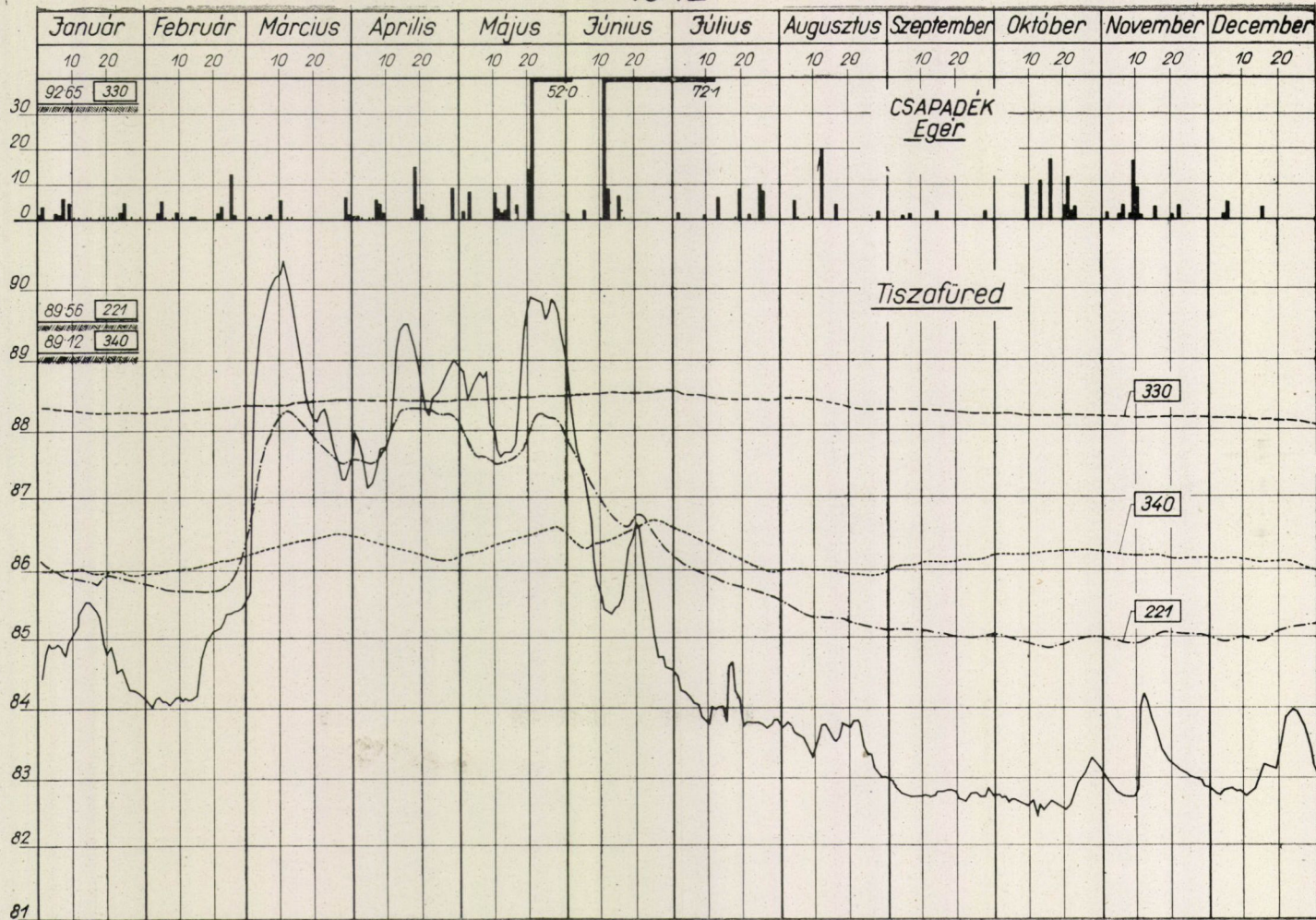
Az ábra feltünteti a Tisza 1942. évi vízállás időszora mellett 3 talajvízkút vízállásidő-sorát is. A 411-es kút a Tiszától 70 m-re helyezkedik el és az *a*) típusba tartozik. A 404-es kút a *b*) típusnak egy jellemző példája, ahol a talajvíz általában 1 m-re van csak a terep alatt és ezért a csapadék döntő befolyással van a vízállásra. A 2500 m-re fekvő 224-es kút vízszíne-nek kismértékű mozgását a talajvízszint mélysége mellett a felszint borító talaj vízzárósága okozza.



2. ábra magyarázata

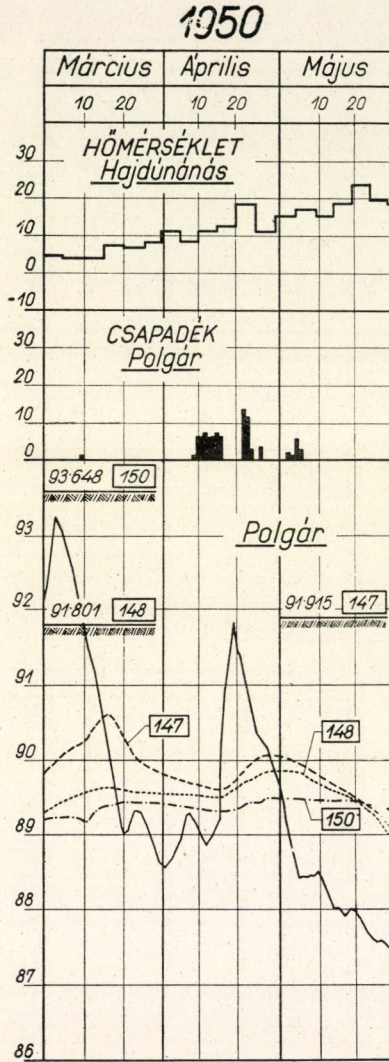
A Tisza 1942-ben levonuló 3 hónapos magas árvizét és három kút idősorát tünteti fel az ábra. A 412. számú kút 200 m-re fekszik a Tiszától és talajvízszintje láthatóan együtt mozog a Tisza vízállásával. A 6,6 km-re fekvő 410. sz. kút vízszintje a terep alatt mintegy 5 m-re helyezkedik el, ezért a csapadék igen kevésbé befolyásolja, ugyanakkor a 9,5 km-re fekvő 408-as kút, melynek átlagos talajvízállása a terep alatt mindössze 1 m-re helyezkedik el, teljesen a csapadék és hőmérsékleti viszonyok hatása alatt áll, melyet a talajvízállás feletti csapadék és hőmérsékleti idősorok jól mutatnak.

# 1942



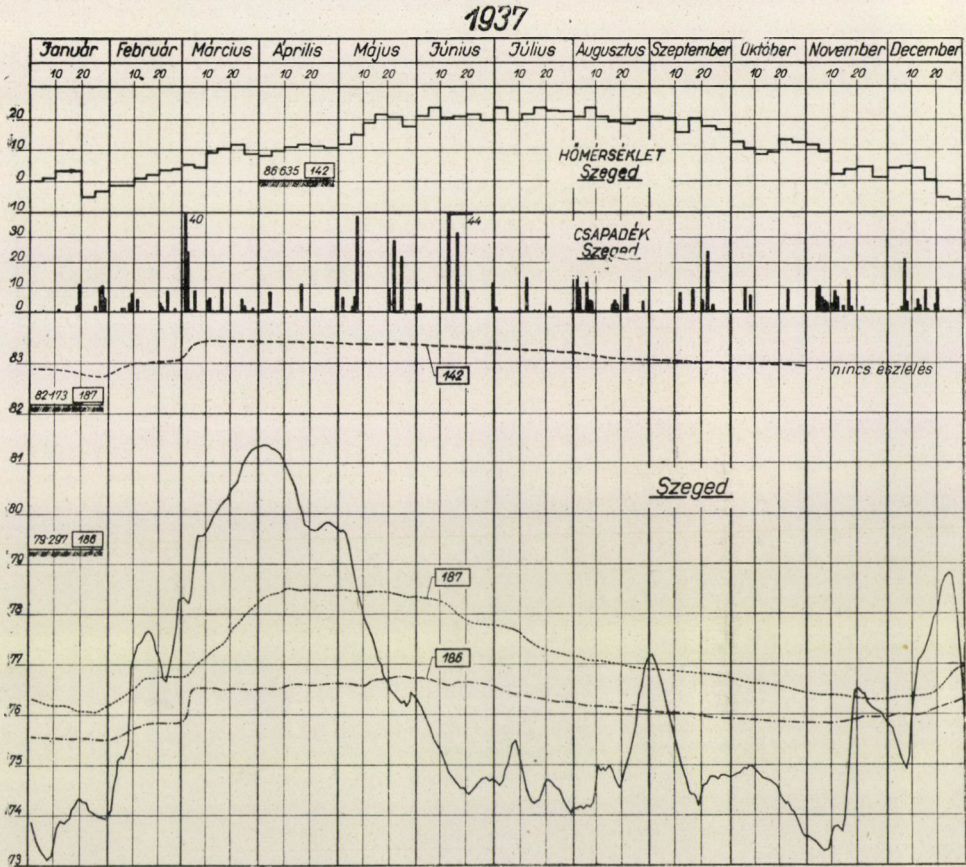
3. ábra magyarázata

A Tisza 1942. évi vízállásidősora mellett három különböző jellegű kút idősorát láthatjuk. A Tiszától 70 m-re fekvő 221. számú kút szembeötlően az *a*) csoportba tartozik és némi késéssel bár, de kifejezetten követi a Tisza vízállását. A *b*) csoportba tartozik a folyótól 13 km-re fekvő 340. számú kút, míg a Tiszától 2 km-re lévő 330. számú kút a *c*) csoportra jellemző idősorgörbét mutat.

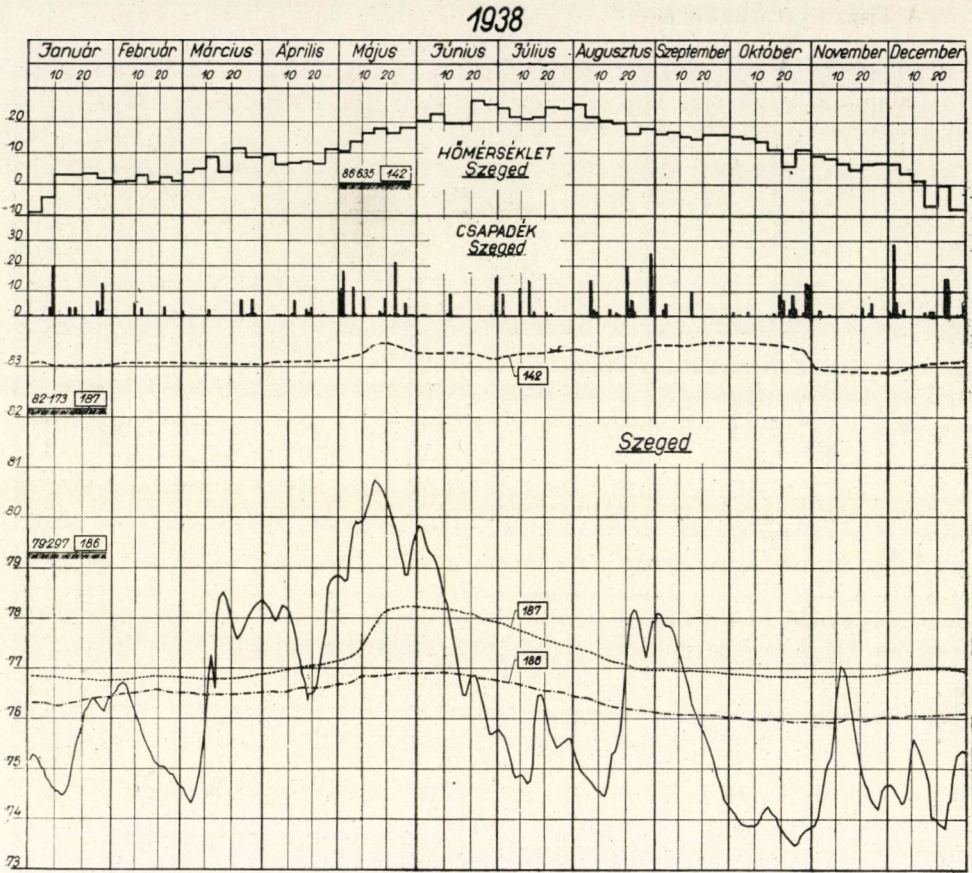


4. ábra magyarázata

A Tisza 1950. évi tavaszi árhullámát láthatjuk a 3 talajvízészlelő kút egyidejű idősorával, valamint a csapadék és hőmérsékleti idősorokkal együtt. A 147-es kút, mely a Tiszától 514 m-re fekszik, még az *a*) jelű csoportba sorozható, ugyanakkor a 876 m-re fekvő 148-as kút már jellegzetesen *b*) csoportbeli. Végül a 150-es kút, a Tiszától 3372 m-re, a *c*) jelű csoportba tartozik.



5/a. ábra



5/b. ábra

## 5/a. és 5/b. ábrák magyarázata

Két jellegzetes évet: az 1937-t és 1938-t tüntetik fel az ábrák, a csapadék és hőmérsékleti idősorokkal együtt. A talaj szerkezetének a Tisza mentén lefelé haladva bekövetkező finomodására mutat az, hogy a Szeged melletti 187-es kút, amely 200 m-re van a Tiszától, még az *a*) csoportba tartozik, mert az 1937. évi tavaszi és 1938. évi nyári árhullám észrevehető emelkedést okozott benne, a Tiszától 750 m-re fekvő 186-os kút azonban már a *b*) típusba tartozik. Végül feltüntettük a királyhegyesi kút vízállásidősorát, amely a *c*) típusba tartozik, főként a felső talaj igen kis vízáteresztőképessége miatt. Ez a kút a Tiszától 30 km-re van. Az előirányzott szegedi duzzasztás vízszintje 79,0 m-t, amiből jól látható, hogy még az 1937. évi nem nagy árvizek idején is jóval magasabb vízállások fordultak elő a duzzasztásban előírtnál.

## HOZZÁSZÓLÁSOK

L. A. ELIAVA előadásához.

NÉMETH ENDRE műegy. ny. r. tanár

A Tisza-csatornázás egyike a magyar népgazdaság legfontosabb súlyponti kérdéseinek. Több, mint 150 éve vajdó feladatot kell itt megoldanunk, hogy az Alföldet a korszerű mezőgazdasági termelésre alkalmassá tehesük. Ennek biztos alapja a Tiszavölgy korszerű vízgazdálkodásának megvalósítása, aminek előfeltétele pedig a Tisza csatornázása.

*Az ilyen nagyszabású vízgazdasági program megvalósítása érdekében létesített műtárgyaknak az előirányzott célhatáson kívül kisebb-nagyobb mértékű és jelentőségű mellékhatásai is vannak, amelyek gyakran nyilvánvalóan hátrányosak, néha pedig egyenesen számottevő áldozatot követelnek meg. Egészen természetes tehát, hogy a Tisza-csatornázásnak is lesznek, a vízgazdálkodás jóformán minden ágazatára kiterjedő üdvös hatása mellett, helyenként jelentkező hátrányos következményei is. Az okszerű tervezés feladata ezeket a várható hátrányos következményeket feltárni, megfelelő létesítmények tervezésével elhárítani, illetőleg megengedhető mértékre szorítani.*

A Tisza-csatornázás terveinek elkészítésével megbízott állami szerveink is azt a helyes utat követték, hogy a Tisza csatornázásának igen sokoldalú kihatásának megítéléséhez szükséges hidrológiai és hidrogeológiai vizsgálatoknak egész sorát indították meg, sőt egyes fontosabb hidraulikai kérdéseknek laboratóriumi vizsgálatát is elrendelték.

L. A. Eliava a rendelkezésére bocsátott megfigyelési adatok és kutatási eredmények alapján a ma tartott rendkívül érdekes előadásában áttekinthető módon meggyőző erővel tárta elénk a Tisza-csatornázás hidrológiai problémáit és nagyon sok olyan szempontot vetett fel, amelyeknek figyelembevétele nagyban hozzá fog járulni ahhoz, hogy a Tisza-csatornázást a lehető legjobb megoldáshoz juttassuk.

Az Alföld vízrajzi helyzetét ábrázoló földrajzi, hidrológiai és hidrogeológiai adatok hatalmas és egymással bonyolult összefüggésben lévő adathalmazából a nagy tapasztalatú szakember biztosságával emelte ki a jellemző és egyben mértékadó adatokat és azokat olyan csoportosításban foglalta össze, hogy mindenki előtt világossá vált nemcsak a Tisza-csatornázás hatásainak megítélésénél betöltött szerepük, de az is, hogy milyen területen és milyen irányban kell még az adatgyűjtést folytatni, illetőleg kiterjeszteni. Minthogy a Tisza-csatornázásnak a folyómederben vízgazdálkodási céloknak (öntözés, hajózás, vízerőhasznosítás) legjobban megfelelő vízszint tartásában megnyilvánuló célhatása mellett jelentkező legjelentékenyebb mellékhatása a talajvízszint új helyzetének alakulása, ennél fogva az előadó is ennek szentelte a legnagyobb figyelmet. Idevágó következtetéseit:

- a) hogy az Alföld földalatti vízgyűjtőit a csapadék táplálja,
  - b) a talajvízszint alakulásában a csapadék mellett a hőmérséklettel szoros összefüggésben változó párolgásnak van legnagyobb szerepe és
  - c) csak a folyómederrel közvetlenül szomszédos sávokon van a folyóvízszint ingadozásnak szerepe,
- teljes mértékben osztom és nagyjelentőségű elvi megállapításnak tartom, mert arra a további végkövetkeztetésre vezetnek, hogy a Tisza-csatornázás után várható hátrányos mellékhatások aránylagosan kis területre korlátozód-

nak és így megfelelő létesítményekkel (belvízhálózat kiegészítése, néhány újabb belvízátemelő telep létesítése) gazdaságosan ki is küszöbölhetők.

Rendkívül fontosnak tartom azt a javaslatot, miszerint a Tiszántúl talajvízmozgásának további részletesebb megállapítása érdekében a tudományos munkát folytatni és a kutatás alapjául szolgáló észleléseket kibővíteni szükséges.

Legyen szabad e helyütt rámutatnom arra a javaslatomra, melynek alapján a Vízirajzi Intézet a talajvízszint-megfigyelőkutak néhány fontosabbikánál a csapadékmérés és a hőmérsékletmegfigyelés bevezetését határozta el. Az így beszerzett újabb adatok birtokában a talajvízszint változásának okairól pontosabb képet fogunk nyerni és bizonyos mértékű *talajvízállás-előrejelzési módszert* is kidolgozhatunk.

Az eddig rendelkezésre álló talajvízállásadatokat csupán távolabb fekvő megfigyelési helyek hőmérsékleti és csapadékadatával lehetett összehasonlítani. Természetesen ilyen körülmények között a talajvízszintet befolyásoló tényezők korrelációjának szabatos vizsgálatáról szó sem lehetett. Mindazonáltal a talajvízmélységek és a hőmérséklet havi középértékei között így is lehetett bizonyos törvényszerűséget találni. Nagyon sokat várhatunk a kutak környezetében történő hőmérséklet- és csapadék-megfigyelések bevezetésétől.

Mindent összefoglalva nagy megnyugvásunkra szolgál az előadónak az a megállapítása, amellyel előadását bevezette, hogy t. i. a talajvízmozgásokra vonatkozó nézeteinkhez véleményével csatlakozik és őszinte hálával tartozunk neki azokért az értékes új szempontokért, amelyekkel a tudományos kutatások folytatására és kiegészítésére irányt mutatott.

VITÁLIS SÁNDOR egy. m. tanár

*L. A. Eliava* szovjet tanácsadó mérnök előadásának bevezetőjében kihangsúlyozta, hogy a rendelkezésére bocsátott adatok és a magyar szakemberekkel folytatott megbeszélései alapján »a talajvízmozgásokra vonatkozó elvi kérdésekben a nézetek megegyezők«.

Ez a megállapítás gyakorlati szempontból azért fontos, mert igazolja, hogy pl. a tiszalöki duzzasztómű tervezésével kapcsolatos hidrológiai előtanulmányok és az azokból levont következtetések *helyesek*.

Eliava a feldolgozott adatok alapján igen szemléltető grafikonokkal bizonyítja, hogy a Tisza közelében lévő megfigyelő kutaknál (*a*) kúttípus) a *vízállás ingadozása követi a folyó vízállásingadozását*. Ez a vízállásingadozás a folyótól néhány száz méter, de legfeljebb 1—2 km távolságig hat. A vízduzzasztás magasságának megválasztása szempontjából, amint később arra rátérek, igen fontos ez a megállapítás.

A második *b*) kúttípus már távolabb van a folyótól, de a vízszint közel van a felszínhez (mélyedések). Eliava igen szellemesen mutat rá hőmérsékleti grafikonok figyelembevételével arra, hogy itt a talajvíztükör alakulása elsősorban a csapadék és hőmérsékleti viszonyoktól függ és nem a tiszai vízállástól.

A harmadik *c*) kúttípus, ami ugyancsak távol van a Tiszától, de a talajvízszint mélyen van a terep alatt. Az Eliava által *kidolgozott* grafikonok azt bizonyítják, hogy itt *ugyancsak nincs* hatása a talajvízállás változására a folyó vízállásváltozásának.

A *Vízrajzi Intézet* és *Bogárdi János* által kidolgozott talajvíz rétegvonalas térkép bizonyítja, hogy pl. a Nyírségi talajvíz és Duna—Tisza-közi talajvíz-



domborulat, (mely kb. 50 m-rel magasabb, mint a Tisza-vízállás) semmi befolyással nincs a Tisza-vízállás változására, viszont a Tisza-vízállás nincs behatással pl. a Nyírségi talajvízállásra.

Világos és mindenki előtt nyilvánvaló Eliava meggyőző bizonyítékai alapján, hogy a kereken 1000 km hosszú és 157,000 km<sup>2</sup> nagyságú vízgyűjtőterülettel rendelkező Tisza folyó víztömege elenyésző csekély a vízgyűjtőben raktározott hatalmas tömegű talajvízhez képest. A Tisza folyó víztömege alig egy hajszál ebben a felszín alatti hatalmas talajvíztengerben. Ha most még hozzátesszük, hogy a Tisza vízgyűjtőjének 45%-a alföld, 31%-a dombvidék és 24%-a hegyvidék, nyilvánvaló, hogy a vízgyűjtőben a Tisza felé áramlik ez a Tisza vízszintjénél, pl. a Nyírségen, Duna—Tisza-közén 50 m-rel, a domb- és hegyvidéken többszáz méterrel magasabb vízállású talajvíztömeg s a csapadékon kívül, főleg alacsony Tisza-vízállások idején, ez a Tisza fővíztáplálója.

A tiszalöki vízlépcső duzzasztási vízszintjét a tervezők nagyon óvatosan az Adria felett 94 m-ben állapították meg. Véleményem szerint a tervezésnél a jövőben merészebbnek kell lennünk s a duzzasztási szintet a lehetőséghez képest a maximális szintben kell megállapítani. Az Alföld első nagy öntözési tervénél a *Rutkay—Gruner*-tervénél a tiszaszederkényi gát maximális duzzasztási szintjét az Adria felett 97,50 m-nek vették fel, s a második tervnél Trummer Árpádék 95,10 m-nek. A további vízlépcsők tervezésénél ezt feltétlen figyelembe kell venni, mert nagyobb tározott vízmennyiség mellett nagyobb és állandóbb az energiatermelés és öntözés lehetősége.

*Eliava* javasolja a további tudományos kutatás szükségességét. Ebben vele mindnyájan egyetértünk s épp ezért sürgetjük a Hidrológiai Tudományos Kutató Intézet mielőbbi megszervezését.

SÜMEGHY JÓZSEF geológus

Két nagy folyónk vízerőhasznosítására vonatkozó, nagyszabású terv kidolgozásához szélesebb alapú, többoldalú megvilágítás, a természeti adottságok rendszerezett ismerete szükséges. A hidrológiai kérdések megvitatása, irányelvek kitzítése, de magának a tervnek a kivitelezése is, a hidrogeológiai tényezők figyelembevétel nélkül el sem képzelhető. Feltétlenül ismernünk kell azt a széles horizontú hidrogeológiai miliót is, amelybe a Duna és a Tisza egész hidrológiai problémaköre beletartozik, mert ez az alap, a pillér, amelyre az épületet is felhúzhatjuk. Vízerőműveket, folyócsatornázást, folyószabályozást, öntözést, belvízrendezést és vízraktározást reálisan, időtállóan a mérnök is csak úgy tervezhet, ha nem marad meg csak a mérnöki vonalon, hanem számol a hidrogeológiai adottságokkal is. Eliava ezt a körülményt tekintetbe vette, mert óriási méretű terveink alappillérjéül ő is a vízföldtani ismereteket tette meg. Előadásának ehhez a részéhez szólok hozzá.

A magyarországi Tisza-meder négy nagyobb földtani egységet érint. Törmelékkúpsorozat mind a négy. Hidrogeológiai adottságaik külön is, de együttesen is hatnak a Tisza-meder s közvetlen környezetének vízviszonyaira. A tiszaujlak-záhonyi szakasz a szatmári síkság, a záhony—szolnoki szakasz a Bükk—Mátrahegység és a Berettyó—Körös közti, míg a szolnok—szegedi szakasz a tiszai mélyvonalban érintkező, összeérő, dunai-, illetve marosi törmelékkúpsorozat hidrogeológiai adottságaihoz igazodik. Mind a négy törmelékkúp az alföldi peremről, magasabb térszínről indul ki és lejt az Alföld belseje felé. Abban is megegyeznek, hogy *üledéksoruk a csúcscrészükből még durvaszemű*

*hordalék, míg attól távolodva, az mindinkább felaprózódik.* Ennek következtében a törmelékkúp-lejtők első, illetve felső harmadában a réteg- és talajvíz jelenléte csak időszakos s a két víz állandóbb szintje csak a lejtők második harmadánál kezdődik s azon végig folytatódik. *A lejtők lábához való közeledés mértéke szerint a talajvíz szintje állandóan emelkedik, s a folyómedrekben, mélyedésekben az a felszínre is kijuthat.* Ugyancsak ennek következménye, hogy a talajvíz mozgási sebessége a lejtők lába felé fokozatosan csökken, míg annak mennyisége állandóan növekszik.

Ahol a törmelékkúp végei találkoznak, ott a lejtők talajvize is találkozik, megtorpan. Az érintkezési vonalak azonban egyúttal tektonikai vonalak is, hidrogeológiai szempontból szélesebb, mély árkok, amelyekben az összefutó talajvíz nem stagnál, hanem a mély árkok vízvezető rétegsorának dőlésirányához igazodva halad tovább. A szatmári síkság medencerészének réteg- és talajvize a Nyírség felé, a Bükk és Mátra-alji és a marosi törmelékkúpé a berettyókőrösi, míg a dunai törmelékkúpé a tiszai mély árok felé mozog. *Fővízgyűjtő a tiszai mély árok, amelyben az Alföld talajvize összegyűlve halad dél felé. A talajvizet összegyűjtő és vezető törmelékkúpok felszínére elsősorban vízvezető-, vagy gyengén vezető szikes-, illetve agyagos lösz-, réti agyag-, öntésagyagréteg települt.* Csak néhány ablakon át, a Nyírségen, a Nagykunság ÉNy-i részén, s a Duna—Tisza közén jutott ki a felszínre a törmelékkúpok folyami homokjából összefűjt futóhomok. Ezek leszámításával az említett agyagos részben gazdag takaró a talajvíz szintjét leszorítva tartja.

A talajvíz szintjét leszorító felszíni agyagos réteg nagyban hozzájárul ahhoz, hogy a törmelékkúp-lejtők alsó harmadában, tehát már az Alföld belsejében, a talajvíz szintjében bizonyos fokú állandóság mutatkozik. Ezt a jelenséget azonban az is előidézi, hogy a talajvíz szintjét befolyásoló csapadékvizek főgyűjtői a törmelékkúp csúcsrészének, nagyjában egyforma évi csapadékú területek. Ezekről nagyjában egyforma távolságnyra fekszik az Alföld belseje is, ahová nagyjában egyenlő idő alatt jut el a talajvíz is. A talajvíz mindig a nedvesebb részek felől igyekszik a szárazabb felé. Az agyagos fedőréteg alá szorított talajvíz az Alföld belsejében azonban már alig található szárazabb részeket, ezért kénytelen be-, illetve fölnyomulni az agyagos fedőrétegbe is. Ezért van az itt nyomás alatt.

*A Tisza Tokajtól lefelé végig lösztáblába vágta be medrét.* Feneke majdnem mindenütt eléri a törmelékkúpok felszínét, sőt azok rétegsorát helyenként mélyebben is feltárja. Ahol medre nem mesterséges, ott átlag 8—10 km széles s 10—15 m mély árok az, amit ugyancsak elsősorban löszös üledékekkel töltött fel. *A meder üledékeiben felgyülemlett víz részben saját, részben talajvíz.* Ha utóbbinak van is bizonyos fokú önállóbb mozgási komponense, végeredményben a feltáródott törmelékkúpok vize az. *Ennek a Tiszáéhoz képest óriási víztömegnek se mozgási együtthatóját, se mennyiségét a Tiszáé nem befolyásolhatja, legföljebb csak helyileg s csak medrére összeszorítva.* Különben, minden tekintetben a Tisza vize tartozik amannak hatáskörébe, ahol a Tiszavíz: csepp a tengerben.

A tervezett tiszai műtárgyakkal felduzzasztott víz a mederben alul még a törmelékkúp rétegsorával, felül azonban már a vizet alig, vagy rosszul vezető löszréteg falával érintkezik. *A meder vize csak alul, a törmelékkúp talajvizével együtt haladhat tovább a meder falában, de belvízfelfakadásokat nem okozhat,* mert a löszrétegben az fölfelé alig mozoghat, nyomulhat. Nedves évjáratokban az Alföld sziklaposaiban, réti agyagos mélyedményeiben nem a folyók magas

vizeinek a medrektől távolabb felfakadó vize, hanem az azokban összefolyt, de vízzáró felületen összegyűlt csapadékvíz jelenik meg. Ennek azonban semmi köze a talajvízhez. Nem ezt vezette le s nem ennek szintjét szállította le a magyar mérnök, hogy az elsivatagosítás veszélyét felidézze, hanem a felszíni csapadékvizeket. *Csak az évi csapadék s a talajvizet hordozó törmelékkúprendszer befolyásolhatja, szabályozhatja az alföldi talajvíz mozgásirányát, vízszíningadozását és mennyiségét is, de a Tisza és az alföldi folyók vize azokra alig hathat.* Sőt, a folyók főtáplálója a talajvíz. A felsorolt adatok, természetesen, csak nagy vonásokban adhatják vissza a Tisza-meder hidrogeológiáját. A szóbanforgó tervek kivitelezéséhez már eddig is sok részletvizsgálat történt, főleg mérnöki, műszaki vonatkozásban, a rendszeres, hidrogeológiai felvételi munkák azonban még hiányzanak, illetve csak tavaly indultak meg. Ezért magam is helyeslem Eliava munkatervezetének azt a részét is, hogy a Tisza-csatornázás mérnöki vonalával együtt kell futnia a hidrogeológiai vizsgálatoknak is. *Elsősorban a Tisza-mederben és annak közvetlen környékén, azután a medret hordozó törmelékkúpokban felgyűlt talajvíz mozgásirányát, vízszíningadozását, a mederrel szomszédos üledéksorra gyakorolt hatását kell részleteiben is tanulmányoznunk.* De ismernünk kell a műtárgyak helyén a rétegsor felépítését, minőségét és vízvezető képességét is, hogy meglepetések itt se érhessenek senkit. Mert nincsen szabály kivétel nélkül. Nem mindenütt lösz a Tisza-meder falának felső része sem, mert helyenként homokos, iszapos, tehát vizet vezető üledékek is közbeiktatódnak s ezeket a sebhelyeket a geológusoknak kell kinyomoznia. Ilyen pl. a tiszadob—tiszadadai, vagy a tiszaföldvári tiszavölgy balparti részlete is, ahol a *felduzzasztott víz felfakadásai* ellen esetleg védműveleteket kell majd végrehajtani. Kisebb-nagyobb mérvű vízfelfakadásokkal, pl. a Bodrogköz Ny-i részében is, számolnunk kell, de ezek is *kivédhetők s a tervek kivitelezését meg nem akadályozhatják.*

OTTO DUB egy. m. tanár (Állami Vízgazdálkodási Kutató Intézet, Pozsony)

Azokat a tapasztalatokat mondd el, amelyeket a Vág folyón létesített vízerőművek építése kapcsán szerzett a talajvíz-problémákkal kapcsolatban.

Eliava azt tanácsolta, hogy a talajvízre vonatkozó észleléseket és tudományos kutatásokat folytassák tovább és annak alapján hajtsák végre a többi tiszai műtárgy építését. A Vágon épített műtárgyak esetében hasonlóan jártak el Csehszlovákiában is. A helyzet hasonló volt a Tiszához, de a problémák nehezebbek voltak. A talajvíznek szivattyúteleppel való levezetése nem mutatkozott szükségességnek, de fontos volt az *alvízcsatorna leszívóhatásának vizsgálata*, különösen az 1947—49. száraz években. A káros hatás azonban akkor sem volt olyan nagy, hogy ne lehetett volna kiküszöbölni. Ahol a depresszió hatással volt a lakótelepekre, ott csökkentette a kutak vízszintjét, ahol talajkiszáradást okozott, ott öntözéssel védekeztek. *A talajvízszint változása észlelésére kereszt-szelvények mentén megfigyelőkutakat helyeztek el és limnigráf segítségével észleltek.* A műszerek behelyezése még az építkezés megkezdése előtt történt, 1938-ban, amikor azt akarták megállapítani, hogy a talajvíz a földbirtokosoknak milyen arányú kárt fog okozni. Ilyen kapitalista problémák ma már nincsenek, ma a *vizsgálatokat arra használják fel, hogy a talajvizek mozgását tanulmányozzák.* Az építkezés előtt, alatt és után történő talajvízészlelések segítségével meg tudták állapítani a talajvíz mozgását és irányát. Ha a tiszai és a Vágon észlelt talajvízhatásokat össze akarjuk hasonlítani, a különbség csak az, hogy míg

a Tiszánál széles alföldi medencéről van szó, a Vágnál keskeny völgyről, a Vágnál vízáteresztő talajról, a Tiszánál finom hordalékokról. *A Tisza vizének felduzzasztása nem fog a mezőgazdaságban kárt okozni.* Eliava előadásából és az elhangzott hozzászólásokból megállapítja, hogy az építkezés jó kezekben van, a kérdést minden oldalról áttanulmányozták és biztosra veszi, hogy az építkezéshez fűzött aggályok alaptalanok.

AUJESZKY LÁSZLÓ egy. m. tanár

Az előadás második részéhez kívánok hozzászólni, amely a tiszamenti Alföld talajvízszint ingadozásainak az okait elemzi, világos okfejtéssel jelölve ki azt a kiemelkedő helyet, amelyet ezek közt az okok közt a meteorológiai jelenségek elfoglalnak.

Tudvalevő, hogy az időjelenségek igen sokféle módon befolyásolják a talajvíz magasságát és a talajbéli vízmozgásokat, úgymint a csapadékjelenségek által, a hőviszonyok által, a szélviszonyok által, a levegő vízgőzkészletének a folytonos ingadozása által; egyszóval csupa olyan jelenség által, amelyek szeszélyesen változnak helyileg is és az idő folyamán is, és egymással a legkülönbözőbb változatokban kapcsolódnak össze.

Ezek a sokféle és szeszélyes hatások azonban két főbb osztályba különíthetők el:

az egyik osztályt alkotják a talajban közvetlenül működő helyi hatások (mint amilyen pl. a talajnak a beázása, vagy a talajt fedő hólepelnek az elolvadása, illetőleg a hónap egy kontinentális szélben való szublimálódása, vagy a talaj jelentékeny felmelegedése folytán elgőzölgési veszteségek a meleg évszak folyamán).

A hatásoknak a másik osztályát alkotják a közvetett hatások, amelyek nem a helyi időjelenségek alakulásából fakadnak, hanem a vízgyűjtőnek távoli vidékein lejátszódó időviszonyokból táplálkoznak, és pedig azért, hogy a távoli időesemények a folyók vízviszonyaiba avatkoznak bele, és a vízviszonyoknak a megváltozása, mint közbeeső ok, fejtí ki a maga hatását, legalább a folyómenti sávnak a talajvíz jelenségeiben.

Nyilvánvaló azonban, hogy az időviszonyoknak ez a kétféle hatása nem ugyanolyan súlyal esik latba. Teljesen osztom az előadó igen alapos fejtegetését, midőn megállapítja, hogy a közvetett hatások csak a folyómenti sávban túlnyomóak, mindenütt máshol azonban, éppen a legfontosabb meleg évszakban, a közvetlen időhatások jutnak túlsúlyba, vagyis a csapadéknak a mennyisége, a csapadéknak az időbeli eloszlása, a talaj hőviszonyainak alakulása, a levegőnek a vízgőzisége, és a légmozgásnak az elgőzölgtető hatása képviselik a döntő hatótényezőket.

A talajvízszint megváltozásának a mindennapi életben való nagy fontossága maga után vonja, hogy a változások elképzelhető okai a laikus közönség képzeletét is élénken foglalkoztatják. Laikus és féllaikus személyek közt még ma is sokan vannak, akik a folyók vízállásából fakadó közvetett hatásokat nagyon túlbecsülik, a talajvízszint lassan végbemenő nagy ingadozásait csakis a folyók vízszintváltozásainak tulajdonítják és ebből következőleg a talajvízviszonyok kedvezőtlen alakulásának előidézésével a folyók vízszabályozási munkálatait vádolják.

Olyan nagyszabású vízépítési beavatkozásnál, mint amilyen a Tiszavölgynek a csatornázása lesz, a közvéleménynek ilyen téves vélekedései foko-

zott módon léphetnek fel, és igen fontos, hogy a tudomány objektív fényével világitásuk meg ezeknek az aggodalmaknak alaptalan voltát.

Az ilyen téves hiedelmek ellen csakis azáltal lehet hatékonyan küzdeni, ha népszerű fogalmazásban is meggyőzően ki tudjuk fejteni, hogy *a folyó közvetlen szomszédságát nem számítva, a talajvízviszonyokat még tökéletes síkságokra is nem a folyók vízállásán át működő közvetlen időjárási hatások szabják meg, hanem a helyi időváltozásoknak közvetett hatásai, valamint a helyi geológiai tényezőknek a változatlan adottságai.*

Ezt a tényállást eddig csak a tudományos világ tette magáévá, de a lakosság széles tömegeinek a tudatába eddig még nem tudott behatolni. *Az elhangzott előadásnak egyik nagy hasznát abban látom, hogy az idevágó tényeket olyan világosan exponálja, ami nemcsak a szakkutatók egyhangú tetszését váltja ki, hanem szélesebb közönségnek a felvilágosítására és meggyőzésére is alkalmas.* Ez különben olyan jellemvonás, amelyet a szovjet szakírók kiváló alkotásaiban általánosan megtalálunk és saját működésünkben is példaképgyanánt kell elfogadnunk!

MOSONYI EMIL műegy. m. tanár

A tiszavölgyi talajvízszíntalakulás kérdéséhez *L. A. Eliava* mérnök szakértő igen értékes és mélyreható vizsgálatai nyomán, néhány megjegyzést kívánok fűzni.

Hozzászólásom két részre tagozódik, egyfelől az *Eliava* által bemutatott ábrák nyomán kívánok néhány fontos összefüggést kidomborítani, másfelől pedig a szivárgás problémájának további kutatásához szándékozom javaslatot tenni egy új kísérletsorozat előterjesztésével.

Ha a Tisza vízállása és az alföldi talajvízállás közötti kapcsolatot vizsgáljuk, akkor azt találjuk, hogy e két jelenség között szoros korreláció van és ez a korreláció a szokásos matematikai úton igen jól kimutatható. Ez a kapcsolat *látszólag* még a Tiszától igen távol eső kutakra vonatkozólag is megvan.

A kapcsolatot azért nevezem látszólagosnak, mert ha mélyebben megvizsgáljuk a kérdést, mint ahogy azt *Eliava* is megtette, azt találjuk, hogy itt nem a valóságos, hanem az ún. n. szimptomatikus korreláció esetével van dolgunk. A Tisza vízjárásának és az alföldi talajvíztükör alakulásának közös oka van és ez a Kárpát-medence éghajlatával jellemezhető.

Tekintettel arra, hogy *a Tisza forrásvidéke és Alföldünk egy klimatikus zónába esik*, amelyen belül a jellemző meteorológiai körülményekben való eltérés és ingadozás igen csekély, önként értetődően általában *egyidejű csapadékperiódusok és egyidejű száraz periódusok* okozzák a Tisza és az alföldi talajvíztükör magas, ill. alacsony vízállásait. Ily módon tehát egy a Tiszától távolabb eső — már 2—3 km-re levő — kútban nem közvetlenül a Tisza vízállása, tehát a Tiszából való átszivárgás okozza a magas talajvíztükör kialakulását, hanem az egyidejű csapadék.

Ezt a megállapítást akkor tehetjük világossá, ha szakítunk azzal a kutatási módszertani szempontból szerény véleményem szerint alaposan *kifogásolható elvvel*, ami a gyakorlatban túlzottan elterjedt — hogy *mindig átlagok* közötti kapcsolatot keresünk. Az átlagok között igen magas fokú korreláció mutatkozik, de ez nem mond semmit a talajban való szivárgás szempontjából, legfeljebb megerősíti azt a tényt, hogy Alföldünk és a Tisza forrásvidékének csapadékjárása átlagban igen nagy hasonlóságot mutat. Ha az a gyanu merül fel,

hogy a vizsgált jelenségek között szimptomatikus korreláció van, azaz a jelenségek nem egymással vannak ok-okozati kapcsolatban, hanem mindegyik egy közös oknak az eredményeként jelentkezik, akkor az egyetlen helyes módszertani út az átlagok teljes mellőzésével a szélsőséges esetek vizsgálatára való áttérés. Ezt pontosabban a következőképpen fogalmazhatjuk:

Meg kell vizsgálni mindazokat az eseteket, amikor a közös ok nem volt azonos, ami jelen esetben azt jelenti, hogy keresnünk kell azokat az *átlagostól eltérő eseteket*, amikor a Tisza-forrásvidék és az Alföld csapadék- és hőmérsékleti viszonyaiban figyelemreméltó időszakos eltérések mutatkoznak. Az ilyen szinguláris esetekre számított korreláció igen laza, sőt olyan alacsony fokú, hogy a vizsgált jelenségek között ok-okozati kapcsolat már ki sem mutatható.

Az *Eliava* előadásában bemutatott több ábrán jól látszik, hogy a helyi csapadék hatása ugyanolyan víztükörlingadozást okoz, mint amekkorát okozni látszik a Tisza rendkívül magas vízállása. Az egyik ábra szerint a Tiszától 4 km-re lévő kútban észlelt talajvízszint sokkal magasabban van, mint a Tisza mentén közvetlenül kialakult talajvízszint. Több ábrán élesen kitűnik, hogy a *Tiszától távolabb átlagosan is magasabban áll a talajvízszint, mint a Tiszához közel*. A szivárgás még magasabb Tisza-vízállások idején is elsősorban az Alföld felől történik a Tisza felé.

A duzzasztóműveknél előálló és a környező térszinthez képest viszonylag alacsonynak nevezhető duzzasztás szivárgást okozó hatása *elsősorban a Tisza folyásirányában érvényesül*, mert ebben az irányban a gradiens többszörösora a keresztirányú gradiensnek.

*Eliava* vizsgálatai, valamint saját, éveken keresztül végzett megfigyeléseim arra mutatnak, hogy a *Tiszától távolabb* eső területek talajvíztükrének alakulását a *helyi csapadék és általában a helyi meteorológiai viszonyok befolyásolják döntően*.

A végzett vizsgálatok és a közben szerzett tapasztalatok arra indítanak, hogy ezen a Hidrológiai Konferencián egy elvi kérdésre hívjam fel a hallgatóság figyelmét.

Mind gyakrabban előfordul, hogy az átlagokból való következtetés alapján sok esetben hidrológiai vizsgálatokat tovább finomítani nem lehet és különösképpen a mellékjelenségekre nem lehet kielégítő fényt deríteni. Éppen azért a hidrológiai vizsgálatok fejlesztésénél a jövőben teljesen le kell térnünk az átlagok kapcsolatának kizárólagos vizsgálatától és a *szélső, szinguláris esetek beható analizisét kell egyik legfontosabb célul kitűzni*. A szélső — az átlagostól szóródó — eseteket élesen meg kell vizsgálni a mérési hibalehetőségek szempontjából és az így *kiszűrt*, tehát feltétlenül megbízhatónak tekinthető mérésekből származó eredményeket kell mélyebben tanulmányozni. Az ilyen szóródó esetek mutatnak rá mindazokra a hidrológiai kapcsolatokra, amelyek nem szimptomatikus jellegűek. Ezeknek vizsgálata pedig azért fontos, mert rendszerint kényelmesebbnek látszik a szóródásokat egyszerűen hibáknak tekinteni, amivel figyelemreméltó kapcsolatok kiderítése marad el.

Hozzászólásom második része arra irányul, hogy az alföldi talajvízmozgások további felderítése céljából olyan alapkísérleteket volna célszerű végezni, amelyeknél a hidraulikai viszonyok hasonlóak az alföldi tényleges talajvízáramláshoz. Itt az egyéb szempontokon kívül különösképpen arra akarok rámutatni, hogy a talajvíztükör esése Alföldünk számos helyén finom altalajokban alig haladja meg a m/km, vagy dm/km értéket. Mi megszoktuk, hogy a Darcy-féle szivárgási formula alkalmazásánál olyan áteresztőképességi tényező

értékeket helyettesítünk be, amelyeket nagy relatív eséssel dolgozó laboratóriumi permeabilitásokban állapítottunk meg. Ilymódon nagyságrendi eltérés van a tényleges és a kísérleti adottságok között.

Javasolom olyan *mikroszivárgási* kísérletek végrehajtását, amelyeknél 3—4 m hosszú, finom talajokkal kitöltött csövekben, a valóságos relatív esésnek megfelelően, csak néhány mm, vagy néhány cm rendű esést állítunk elő. Ugyanakkor hasonló kémiai és elektromos állapotokat is elő lehet állítani megfelelő sótartalmú és keménységű víz átszivárgtatásával. *Az esésnek ennél a nagyságrendjénél már az egyébként elhanyagolt, mellékesnek látszó körülmények is jelentős szerepet játszanak, sőt döntőek is lehetnek.*

HORUSITZKY FERENC egy. ny. r. tanár

Eliava előadásában hangsúlyozta, hogy a hidroizohipszák megszerkesztését, a víz áramlási irányának és a kőzetek vízáteresztő képességének vizsgálatát részleteiben is el kell végezni. A hozzászólásokban Sümeghy József azt fejtette ki, hogy a törmelékűvekben a víz magasabban áll, mint a völgyekben, tehát egyik a másik vízállását nem befolyásolja. Otto Dub hangsúlyozta, hogy megfigyelő kutaitak geológiai céltudatossággal építették. Mosonyi Emil kiemelte, hogy a szoródó adatokkal is foglalkozni kell és *az egyes területekkel esetenként külön-külön kell foglalkozni.*

A szükséges adatokat 500 kútból hozták össze, ezek az adatok sematikusak, mert helyi adottságok befolyásolják, 500 talajvízkút, mely geometrikusan van elhelyezve, kevés a probléma megoldásához. Javasolom, hogy ezt a *kúthálózatot sűrítsék meg és a telepítéseket már geológiai céltudatossággal végezzék el*, mert csak így tudják a felrajzolt grafikonokat kiértékelni. Az egyes megfigyelő kutak között *geológiai profilokat* kellene végighúzni, amelyek ne csak a telepítés helyére, hanem a szemcsenagyságra, vízáteresztőképességre stb. is kiterjedjenek. Ennek alapján talán választ fogunk tudni adni a víznyelő tölcésekre vonatkozólag is. Fontos a speciális elbírálás. Ahol nincs probléma, elég ritkán telepíteni a kutakat, ahol van, ott sűrűn.

SZILÁGYI GYULA műegy. ny. r. tanár

Az elhangzott előadás nevezetes esemény a vízimunkálatok és hidrológiai kutatások folyamatában. Ismeretes, hogy az eddig végzett munkálataink és kutatásaink nyomán igen széles körben indult meg a bírálat. Ez nagyon helyes és üdvös, mert egyrészt új szempontokat vet fel, másrészt alkalmat ad rá, hogy a helyes álláspontot a nyilvánosság előtt megvilágíthassuk és megvédhessük. A vita fontosságát mindannyian éreztük. Nagyközönségünk nem volt tájékozódva a felmerült problémák tekintetében és mi sem voltunk eléggé informálva ahhoz, hogy megegyezően tudjuk az álláspontot képviselni. A Tiszacsatornázással kapcsolatban is fel fognak lépni bírálatok, ezekben a vitákban másként fogunk állni, mert a tanu mányozás terén előrehaladtunk. Széleskátórkörü mérnök tanulmányozta hónapokon át a viszonyokat és mondotta el véleményét, akinek megállapításai megegyeznek a mi álláspontunkkal. Ezért örömmel üdvözlöm az előadást és nagy jelentőséget tulajdonítok neki, mert tőlünk távoleső, pártatlan fél — akinek tudományos felkészültségében megbízhatunk — kimondotta, hogy *a Tisza változó vízállása és az Alföld talajvízállása között kapcsolat csak bizonyos mértékig van.* Ez megegyezik a mi álláspontunkkal is.

POP RADU egy. m. tanár (Bukarest)

Sokra értékelem Eliava munkásságát és rendszerességét s a világos előadási módot. A Román Népköztársaságban az utóbbi időben hasonló problémák merültek fel és hidrogeológiai tanulmányokat folytattak a talajvizekkel kapcsolatban, elsősorban a Duna—Feketetenger-csatorna tervezésével és kivitelével kapcsolatban. Különleges tanulmányokat végeztek, hogy a talajvízzel kapcsolatos problémákat feltárják és *a megfigyelések nagyon sok szempontból azonosak voltak Eliava által előadottakkal.* Nagymértékben segítette munkánkat a szovjet tudomány és a szovjet szakértők. Mazlon elvtárs, aki talajvíz-geológiai problémákkal foglalkozott és más szakértők közreműködésével sikerült egy hajószilip kb. 20 000 m<sup>2</sup> kiterjedésű munkahelyével kapcsolatos nagyon nehéz feladatokat megoldani. Jelenleg a talajvíz visszatartására elektroosztatikus kísérletek vannak folyamatban. Eliava tanulmánya nekünk is segítségünkre lesz az elkövetkező feladatok megoldásában, melyeknek egyike a Bukarest—Duna-csatorna.

SCHERF EMIL geológus

A meglévő anyag nem elég a műszaki kérdések megoldásához, hanem kiegészítésre szorul. A jelen állapot kiépítésénél egy általános talajvízszint-megfigyelő hálózatot terveztünk, amellyel áttekintést akartak kapni az egész Alföldről. Ezért vannak a kutak 20—30 km távolságban egymástól. Már akkor is gondoltak a Tisza vízállása és a talajvízállások összefüggésének vizsgálatára, ezért Tiszapolgárnál 12 kutat helyeztünk el, a Tiszától logaritmikusan növekvő távolságban, amelyek alkalmasak a további vizsgálatokra.

A Tisza-völgyben levő eltemetett morotvák is okai lehetnek annak, hogy a Tiszától 70 m-re lévő kút nem érzi meg az árvizet, azonban egy több kilométerre lévő kút, amely egy morotva mentén van, megérzi. Ezért van az, hogy egyes laikusok összefüggést tételeznek fel a Tisza-völgy talajvízállása és a Tisza vízállása között. Eliava éleslátását bizonyítja, hogy ebből a kis anyagból ki tudta szűrni a szükséges alapot. Fontos körülmény a talajvízmegfigyelő kutak szempontjából az, hogy gazdasági, vagy mérnöki szempontból vizsgáljuk a talajviszonyokat, mert a hálózatot eszerint kell elosztani. A jelen hálózat mindkét szempontot igyekezett szem előtt tartani. A talajvízkutak körül geológiai szelvények felvétele is tervbe volt véve, de nem volt rá pénz. Ez az akadály most megszűnik.

HEVESI GYULA lev. tag

A világos és rendkívül meggyőző érveket tartalmazó vezető előadás és a vele kapcsolatos hozzászólások végre teljesen tiszta helyzetet teremtettek egy előzőleg sokat vitatott kérdésben a Tisza szabályozását és speciálisan a tiszalöki erőmű építését illetően. A konferenciát megelőzően az itt ma világosan leszögezett és egyöntetűen elfogadott tudományos álláspontot hosszú időn keresztül sikerült megingatni és kétségessé tenni olyan nézeteknek, amelyek alaptalanságát és tudománytalan voltát csak ezen a konferencián sikerült a szovjet tudomány segítségével és tekintélyének súlyával általánosan elismertté tenni. Hogy a konferenciát megelőzően szakembereink idejét ilyen hosszantartó, meddő viták foglalták le, annak egyik főoka, hogy tudományos életünkben



még nem alakult ki eléggé a bátor kritika és önkritika szelleme, ami nem tette lehetővé, hogy gazdasági vezetőszerveink e kérdést világosan lássák és határozott állásfoglaláshoz jussanak. Ez a konferencia azonban tanúságot tesz arról, hogy szakembereink egyre inkább felismerik a kritika és a marxista dialektikus módszer alkalmazásának jelentőségét, amely hatalmas fegyvert ad kezükbe igazuk megvédésére, mindennemű helytelen és áltudományos támadással szemben. Ezért is tudott ez a konferencia ilyen hasznos és jó munkát végezni, amiben döntő része volt *Eliava* mérnök személyében a szovjet tudomány baráti segítségének. Meg kell állapítani azt is, hogy ez a konferencia teljességében és egyértelműen megerősítette *Mosonyi Emil* kartársunknak e kérdésben kezdettől fogva elfoglalt helyes álláspontját.

#### L. A. ELIAVA válasza

A felszólalásokkal kapcsolatban semmi ellenvetésem nincs és azokra csak röviden kívánok válaszolni. Németh Endre megállapítását helyesnek találok, a Tisza-csatornázás valóban a magyar mezőgazdaság egyik legfontosabb problémája. A talajvízre vonatkozó eddigi kutatásokat helyesnek találok és folytatásukat ajánlom. Vitális Sándor Tiszalökkal kapcsolatos felszólalására megjegyzem, hogy a kiválasztott duzzasztási szint a biztonsági feltételeknek megfelel. Köszönöm Sümeghy Józsefnek a geológiai helyzetre vonatkozó igen érdekes hozzászólását, úgyszintén Otto Dubnak a Vágról tartott igen értékes előadását. Aujezsky részletesen analizálta a meteorológiai tényezőket és ezzel hozzájárult a kérdés világos felismeréséhez. Mosonyi Emil előadásának második részére vonatkozólag megjegyzem, hogy nagyon nehéz beszélni a teoretikus adatokról, amelyeket felhozott, mert ezek még sem gyakorlatban, sem elméletileg nincsenek lefektetve. Ennek a fontos kérdésnek *laboratóriumi és elméleti szempontból való tanulmányozása feltétlenül szükséges*, ez mindenki előtt tisztán áll, aki a hidrológiai tudománnyal foglalkozik. Ha a laboratóriumi és elméleti megvilágítás után eredmény fog mutatkozni, ez igen nagy lépést fog jelenteni a tudományban, a talajvízmozgásokat új szempontból fogja megvilágítani, ami tudományos felfedezésnek számítható. A gyakorlatban is nagy jelentősége van a tiszai alföld talajvízmozgásának tanulmányozása szempontjából. Horusitzky Ferenc és Scherf Emil hozzászólása hozzájárult a kérdés tisztázásához, a további kutak felállítása és tanulmányozása szükséges és helyes. Pop Radu érdekes vízepítési példával gazdagította a mai konferenciát. Hevesi elvtárs hozzászólása értékes és fontos, mert rámutat a kritika- és önkritika nagy jelentőségére a műszaki tudományok fejlesztésében.

Végül megköszönöm az összes megjelentek érdeklődését és figyelmét és a tolmácsok értékes munkáját.



# AZ ÁRVÍZ ÉS JÉGVISZONYOK FIGYELEMBEVÉTELE A VÍZÉPÍTÉSI TERVEZÉSEKNÉL

LÁSZLÓFFY WOLDEMÁR  
műegyetemi m. tanár

*Műszaki alkotások megtervezésénél* olyan megoldást keresünk, amely biztosítja, hogy az alkotás a külső körülményeknek (erőhatások, igénybevételek, üzemi feltételek) lehetőleg minden változása között kifogástalanul megfeleljen rendeltetésének. A tervezőnek tehát nemcsak művének pozitív feladataira kell gondolnia, hanem számba kell vennie mindazokat a tényezőket, amelyek az alkotás (létesítmény vagy gyártmány) rendeltetészerű működését hátrányosan befolyásolhatják és művének anyagát, szerkezetét, alakját úgy kell megválasztania, hogy ezek a hátrányos befolyások egyáltalán ne érvényesülhessenek vagy a lehető legkisebb mértékre szoruljanak. De mert a műszaki alkotás sohasem öncélú, hanem a gazdasági élet szolgálatában áll, a tervezőre mindig egy *relatív szélső-érték* probléma megoldása vár: az említett követelményeket a viszonylag legkisebb áldozat árán kell kielégítenie. A szocialista gazdasági rendszerben tehát nemcsak az alulméretezés hiba, amikor az alkotás bizonyos körülmények között csődöt mond, hanem a túlméretezés is, mert a népvagyon oktalan pazarlását jelenti. Ezért a szorosabban vett méretezést megelőzően gondos vizsgálattal kell megállapítani az alkotás rendeltetészerű működését befolyásoló tényezők változásának figyelembeveendő határait. A tapasztalat arra tanított, hogy az ú. n. normális ingadozási határok mellett olyan rendkívülieket is megállapítsunk, amelyek mellett az alkotás kevésbé tökéletesen, de mégis megfeleljen még céljának. Világos, hogy ezeknek a határoknak a felvételével bizonyos körülményeket eleve »vis maior«-nak jelentünk ki, amivel rendkívüli felelősséget vállalunk.

## I. A mértékadó árvíz meghatározása

*Vízépítmények, és így a folyócsatornázás műtárgyainak méretezésénél is, a vízjárás szélsőségeihez* kell igazodnunk. Amíg a rendkívüli kisvizek az üzemben okoznak többé-kevésbé súlyos zavarokat, az árvizek ezen kívül a műtárgy állékonyságát is veszélyeztetik, sőt szűkebb vagy tágabb környezetében is okozhatnak károkat. A hidrológus feladata a vízjárás törvényszerűségeinek vizsgálata és ennek alapján a méretezésnél *mértékadó árvízi hozam* megállapí-

tása.<sup>1</sup> Csak ezután következhetik a tulajdonképpeni tervezés, amelynek során a műtárgyak méreteit úgy kell megállapítani, hogy a mértékadó árvíz kártétel nélkül vonulhasson le.

A vízépítési gyakorlatban régebben a vízállásfeljegyzésekre és a különböző vízállásoknál végzett vízhozammérésekre támaszkodva határoztuk meg a vízfolyások legnagyobb árvízi hozamát. Mivel az árvíznél végzett vízhozammérések száma (különböző technikai okokból) általában csekély, a legnagyobb vízállásnak megfelelő vízhozam megállapítása rendszeren extrapolálással történt. Kényesebb műtárgyak méretezésénél — tehát pl. folyami duzzasztóművek nyílásainak számításánál is — az így felvett árvízmennyiségnél 25%-kal nagyobb vízhozamot vettek alapul. Ez az eljárás nagy általánosságban kielégítő méretekre vezetett, különösen ott, ahol több évtizedes vízrajzi észlelések szolgáltattak hozzá alapot. De önkéntelenül felmerült az a kérdés, hogy az éppen rendelkezésre álló észlelési sorozaton belül valóban előfordult-e a legnagyobb vízállás, tehát helyes volt-e a kiindulási alapunk? S követte ezt a kérdést a másik: miért éppen 25% a biztonsági tényező? Miért nem elegendő 5, 10 vagy 20%, vagy miért nincs szükség 50 vagy 100%-ra? Végeredményben tehát a tervező gyakorlati érzéken és egyéni megítélésén múltott a mértékadó árvízhozam megállapítása, sőt gyakran — pl. hídnyílások meghatározása alkalmával — hatalmi kérdéssé vált. A »Sok lúd disznót győz« alapján a közigazgatási bejárások alkalmával egyszerűen leszavazták a »túlzott« méreteket sürgető vízimérnököket.

A statisztikai módszerek fejlődésével és különösen a valószínűségszámítás statisztikai alkalmazásával, az árvizekre vonatkozó hidrológiai vizsgálatok régebbi bizonytalansága megszűnt. Bebizonyosodott, hogy a nagy számok törvénye a hidrológiai jelenségekre is alkalmazható. A vízhozamok ingadozása, sőt az egymás utáni esztendők évi maximumának változása is jellemezhető valamely — rendszeren aszimmetrikus — gyakorisági görbével, amelyet 3 paraméter: 1. az észlelési adatok középértéke, 2. az ingadozás határainak tágassága szerint változó variációs tényező és 3. az aszimmetriatényező egyértelműen meghatároz. K. Pearson alapvető vizsgálódásait a hidrológia területén A. Foster értékesítette. Kimutatta, hogy a fentemlített statisztikai paraméterek meghatározásához már aránylag rövid — néhány évtizedes — észlelési sorok is elegendők és rámutatott, hogy ha a vízjárást befolyásoló tényezők nem változnak (de csakis akkor!), a különböző vízhozamok megfigyelt gyakorisági megoszlását a jövőre vetíthetjük, vagyis jövőbeli előfordulásuk valószínűségére következtethetünk. Ily módon egyszerű számítással következtethetünk pl. az átlag 100, 200, ... 1000 stb., évenként egyszer megismétlődő rendkívüli árvizek hozamára. Foster eljárását szovjet kutatók fejlesztették tovább (Szokolovszki, Krickij, Menkelj, Ribkin, Boldakov). Különösen D. L. Szokolovszki professzoré az érdem, hogy a valószínűségszámítás módszere a Szovjetunióban

<sup>1</sup> Lásd bővebben: Lászlóffy: A hídnyílások és vízépítési műtárgyak hidrotechnikai méretezéséről. *Mélyépítéstudományi Szemle*, 1951. 6. és 7. szám.

bevonult a mindennapos hidrológiai gyakorlatba. A tervezési normák sora, és 1948 óta *országos szabvány*<sup>2</sup> *állapítja meg a különböző valószínűséggel várható árvizek számításának módját*, az eljárás alkalmazásához szükséges adatsor minimális hosszát, ill. a különböző hosszúságú sorokból levezetett adatokat terhelő hiba meghatározásának mikéntjét. A szovjet kutatók azonban még ennél is tovább mentek. Megállapították és térképen izometrikus vonalakkal ábrázolták, hogy hogyan változik az említett statisztikai paraméterek értéke a földrajzi fekvés szerint a Szovjetunió egész területén és ezzel lehetővé tették a mértékadó árvízi hozam számítását olyan vízfolyásokon is, amelyekre vonatkozóan semmiféle vízrajzi megfigyelés nem áll rendelkezésre.<sup>3</sup>

A szovjet módszereket a Duna budapesti és a Tisza tokaji szelvényére alkalmazva (1. ábra) azt kapjuk, hogy

az átlag .....	10	20	33	100	200	1000	éven-
ként egyszer előforduló árvíz tetőző hozama							
a Dunán Budapestenél .....	6650	7260	7550	8380	8850	9830	m <sup>3</sup> /sec
a Tiszán Tokajnál .....	2965	3380	3620	4345	4775	5740	«

Az 50, 100, 1000 vagy 10 000 évenként egyszer előforduló árvízi hozamok meghatározása azonban magában véve nem elegendő.

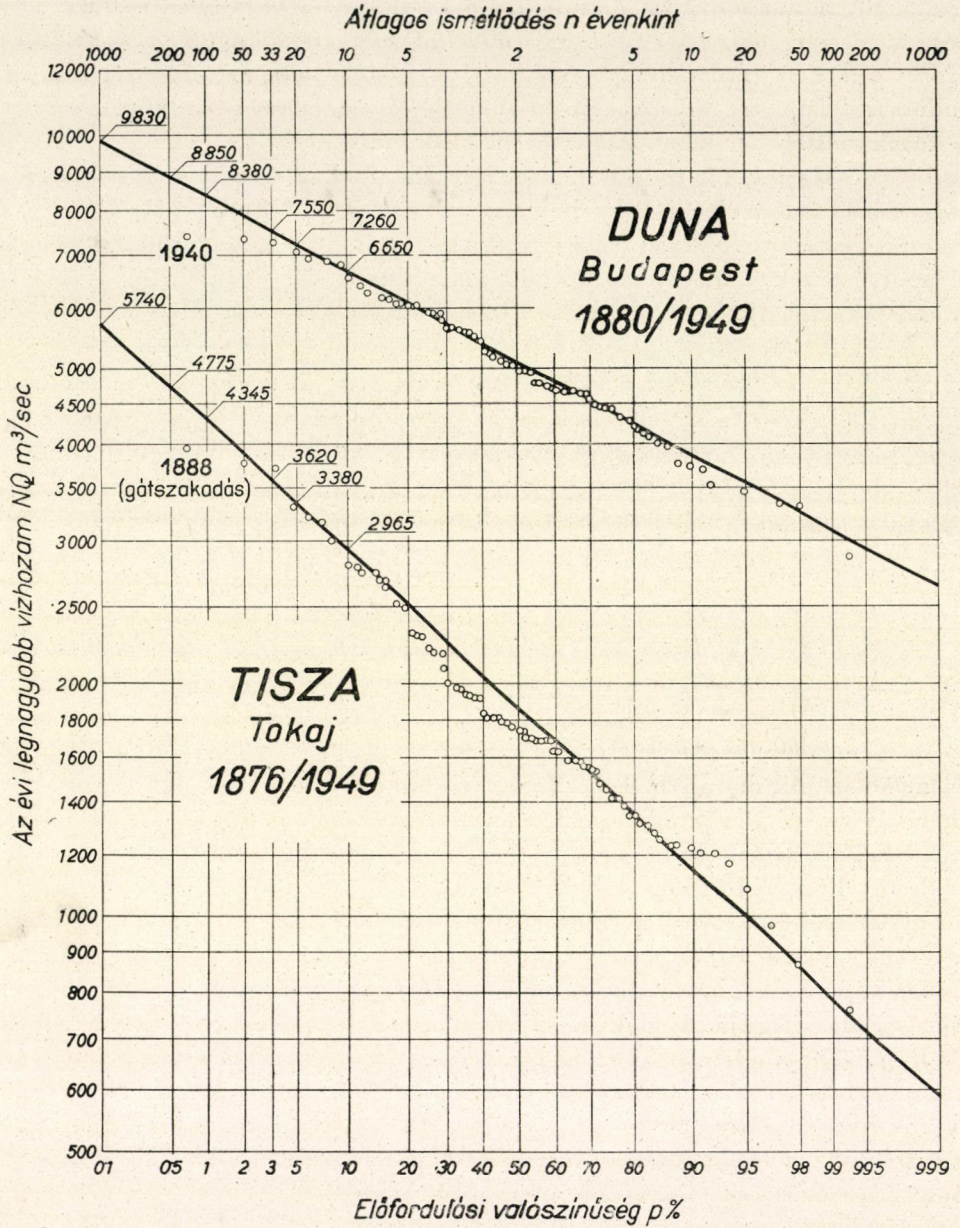
Meg kell állapítanunk a méretezés alapjául szolgáló *mértékadó árvizet*.

A technikai alkotások nagyrészenél a mértékadó igénybevételt magunk állapíthatjuk meg. A gépet meghatározott feladat végrehajtására, és a velejáró igénybevételre szerkesztjük, a hídra kiírjuk, hogy milyen súlyú járművek közlekedhetnek rajta stb. Tökéletesen más azonban a helyzet akkor, ha a terhelést természeti erők adják, tehát pl. a vízépítésben is. A természeti erőknek nem tudunk határt szabni, mert pl. bármilyen nagy árvíznél is tudunk legalább valamivel nagyobbat képzelni.

Természeti erőkből adódó terhelések esetében ezért *az előfordulás gyakoriságából* indulunk ki, és a mértékadó érték felvételénél vagy *a) a mű élettartamát*, vagy *b) az üzemképtelenségéből* eredő kár nagyságát vesszük alapul. Kétségtelen, hogy némi kockázatot vállalnánk akkor, amikor egy 20 évre szóló hídprovizórium nyílását az átlag 20 évenként megisméltendő árvíz levezetésére méreteznénk, mert a két évtizedbe akár egy 10 000 évenként egyszer előforduló katasztrófális arányú árvíz is beleeshetik. De azért gazdasági érzékünk mégis tiltakoznék az ellen, hogy ezt az utóbbit vegyük alapul számításunkban. És fölösleges lenne egy hajószilip méretezésénél 50—100 évnél hosszabb időre előretekinteni, mikor ennyi időn belül a műtárgyat — technikai berendezéseinek elavulása vagy a forgalmi igények változása miatt — amúgy is átépítik. *Szokolovszki* azt ajánlja, hogy általában *a műtárgy előrelátható élettartamának kétszeresére* számított gyakorisággal előforduló árvizet vegyük mértékadónak. Ter-

<sup>2</sup> GOSzT. 3999—48.

<sup>3</sup> Lásd pl. : *Ogijevszkij, A. V. : Hidrologicsni rozrachunki dlja ricsok URSzR. Kijev, 1947.*



1. ábra.

A különböző valószínűséggel meghaladott évi jégmentes nagyvizek a Duna budapesti és a Tisza tokaji szelvényében

mészeten kivétel az, amikor tömeges életbiztonságáról van szó. Ilyenkor valóban »abszolút« biztonságra kell törekednünk.

A *technikai mű gazdasági jelentősége* a multban is közrejátszott a tervezéseknél, de teljesen esetenkénti, egyéni megítélés szerint. A szocialista gazdasági rendben ez természetesen megengedhetetlen. Mivel a műtárgy megkívánt biztonsági foka és így a mértékadó terhelés végeredményben költségkérdés, a Szovjetunióban országos szabvány állapítja meg a műszaki alkotásoknak és részleteiknek népgazdasági jelentőségük szerinti osztályba sorolását, amelyhez a méretezésnél igazodni kell.<sup>4</sup>

A szabvány a műszaki létesítmények 5 osztályát különbözteti meg: I. különleges, II. fokozott és III. szokványos gazdasági jelentőségű létesítmények, továbbá olyanok, amelyeknél IV. könnyítések, ill. V. különleges könnyítések engedhetők meg.

A besorolásnál figyelembe kell venni: a) A létesítmény termelési kapacitását — pl. villamos erőműnél a generátorteljesítményt és az évi energiatermelést, öntözőműnél a kiszolgált terület nagyságát, védtöltés esetében az öblözet kiterjedését. b) A létesítmény szerepét (főmű, másodrendű és kisegítő mű). c) Az élettartam szempontjából a mű állandó vagy ideiglenes jellegét. A besorolás mértékadó:

1. a mértékadó terhelések, megengedett igénybevételek és biztonsági tényezők,

2. a felhasználható építőanyagok neme és minősége,

3. a mértékadó árvizek felvétele,

4. az előmunkálatok és a terv részletessége és

5. az alkalmazandó számítási eljárások tekintetében,

amelyekre vonatkozóan a tervezési irányelvek és további szabványok tartalmaznak részletes előírásokat.

A szovjet szabvány a technikai alkotással szemben támasztott követelményeknek a mű gazdasági jelentőségével, ill. beruházási értékével való részletes összehangolása révén a legmesszebbmenően biztosítja a gazdaságosságot, és így a nép vagyonával való takarékoságot. Jelentőségét legjobban a következő példa világítja meg: Egy dunai erőmű, s a hozzátartozó duzzasztómű és hajózsilip, minden az üzem szempontjából lényeges részével a II. osztályba tartozna. Egy tiszai vízlépcső hasonló műtárgyai a III. osztályba volnának sorozandók. Ugyanezeknél egy terelőfal, betétgerendás vagy segédtablás elzárás, — tehát a másodrendű szerkezeti részek, a III., ill. IV. osztályba. Az építés tartamára készülő körülfal a IV. osztályba, a 2 évnél rövidebb időre készülő az V. osztályba.

A továbbiakban, tárgyunknak megfelelően a hidraulikai méretezésnél maradván, minden osztályra vonatkozóan megállapítják: 1. a rendes üzemi viszonyokra mértékadó árvizet és 2. a rendkívüli árvizet, amelyet bizonyos könnyített feltételekkel, de még mindig üzemműködés nélkül kell kiállnia a léte-

<sup>4</sup> GOSZT. 3315—46.

sítménynek. Pl. az előbb említett dunai vízlépcső esetében a duzzasztó nyílásait úgy kell méretezni, hogy az átlag 100 esztendőnként előforduló (röviden 100 éves) árvíz (8380 m<sup>3</sup>/sec) a normális duzzasztás túllépése nélkül folyjék le, de az 1000 éves árvíznek (= 9830 m<sup>3</sup>/sec, az előbbinél 20%-kal több!) sem szabad a mű állékonyságát érintenie. Ugyanennél a múlt pl. a betétgerendaraktár vagy egy szolgálati híd építésére az 50, ill. 200 éves árvíz a mértékadó. Az előbbinek még nem szabad üzemzavart sem okoznia, az utóbbi elboríthatja az említett másodrendű műveket, de nem szabad elsodornia őket. Az építés előreláthatóan többéves időtartamára a munkagödröt úgy kell körülzárni, hogy a 20 éves árvíznél (7260 m<sup>3</sup>/sec) még szárazon maradjon. A 100 éves árvíz már elöntheti a munkateret, de még tetemes rongálások nélkül kell levonulnia. Végül a két évnél rövidebb időre készülő körülzárás a 10, ill. 33 éves árvíz figyelembevételével kell, hogy megépüljön.

Látjuk tehát, hogy a valószínűségszámítás módszereinek hidrológiai alkalmazásával és a műtárgyak és részleteik népgazdasági jelentőségének egyidejű figyelembevételével a *mértékadó árvíz* meghatározása egyértelmű feladattá vált. Ma már tehát alig lehet szó arról a mérnöki tudományt megcsúfoló eljárásról, hogy kiszámítunk valamilyen árvízi hozamot és azután — érzés szerint — csökkentjük, mert a műtárgy méretei és vele a költségei »túl-ságosan nagyra« adódtak. A hidrológia is túljutott már azon, hogy a koefficien-  
sek tudományának nevezzék.

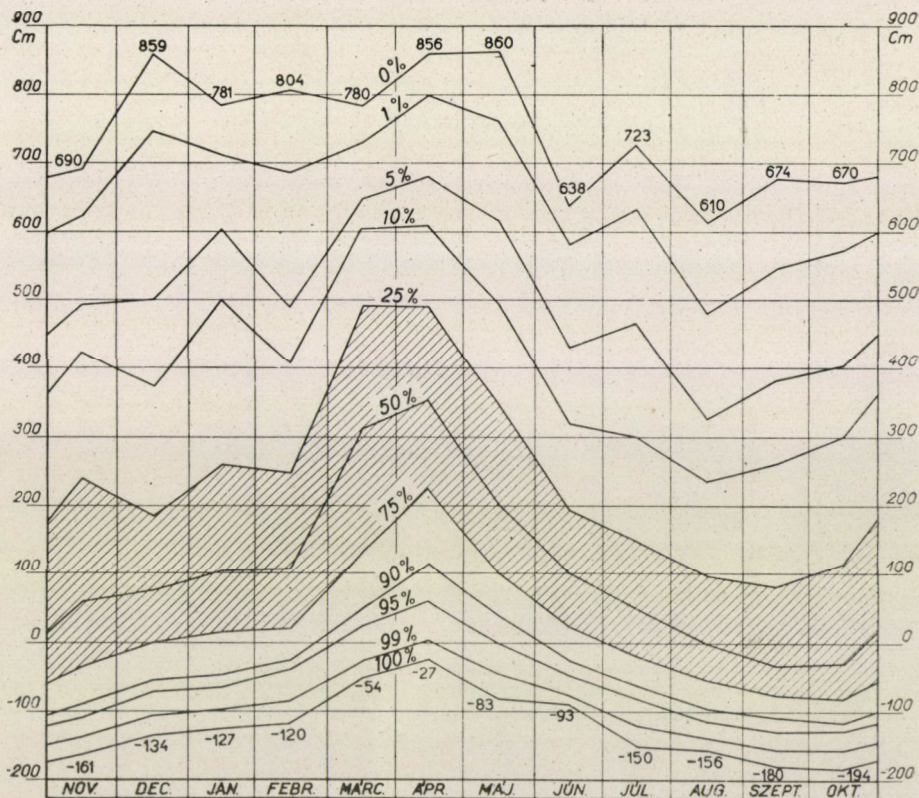
## II. A vízi építkezések időpontjának megválasztása

A valószínűségszámítás megmondja, hogy hosszú időn belül *átlag* hány-szor fordul elő bizonyos nagyságú árvíz. De ebből semmiképpen sem következtet-hetünk az ismétlődések időközére, tehát az előfordulás időpontjára. Pedig — különösen az építés idejének megválasztása szempontjából — rendkívül fontos lenne a vízjárás időbeli alakulásának előzetes ismerete. Így tudnók eldönteni, hogy meghatározott építési időtartam esetén mekkorára vehetjük az egyszerre körülzárható munkateret (minél nagyobb ez, annál gazdaságosabb a munka) és, hogy milyen legkisebb körülzárási magassággal érhetjük be a munkatér árvízi elöntésének kockázata nélkül.

Az *egyéves hidrológiai cikluson belül*, amely meglehetősen szabályos, a statisztikai módszerek segítségével meghatározhatjuk valamely szervény *víz-járásának jellegzetes vonásait*. A gyakoriság, illetve valószínűség fogalmát természetesen itt is gyümölcsözően használhatjuk, és a csupán durva jellemzésre szolgáló havi középértékek mellé előbb a szélsőségeket, majd a különböző valószínűséggel meghaladott vízszintek vagy vízhozamok értékeit soroljuk (2. ábra). Így már elég jó támpontot kapunk a legfeljebb néhány hónapig tartó mederbeli munkák időpontjának alkalmas megválasztására és közvetlenül megállapíthatjuk, hogy a körülzárás bizonyos magasságának felvétele után milyen elöntési valószínűséggel kell számolnunk.



A technikai okokból használatos, naptári hónapok szerinti, statisztikai adatfeldolgozásnál még jobbnak látszik az évszakok követése. Biztos ugyanis, hogy az egyéves hidrológiai cikluson belül van egy vagy több jellegzetesen száraz és nedves időszak (pl. a Tiszán típusos a koratavaszi [hóolvadási és az ezt nyomon követő zöldár, nemkülönböztetve a téleli árvize, továbbá a nyári kis-



2. ábra.

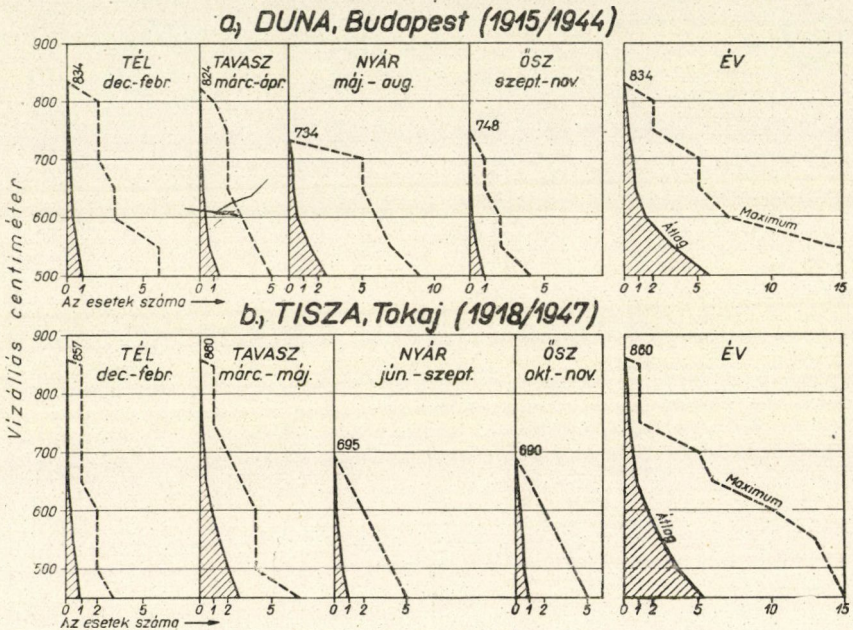
A 0, 1, 5, 10, ..... 99, 100 % valószínűséggel meghaladott vízállások Tokajban (1900—1940. évi adatok)

víz), de beköszöntésük időpontjában többetes eltolódások fordulnak elő. (Pl. a Tisza előbb említett koratavaszi árvizének ideje általában március, de gyakran már februárban levonul és nem ritka, hogy erősen belenyúlik az áprilisba.) Ennek folytán a hónapok szerinti statisztikában bizonyos kiegyenlítő-dés érvényesül. Építési célokra használhatóbb tehát az adatfeldolgozás, ha 2—4 hónapos időszakok vízjárási jelenségeit összefogva vizsgáljuk úgy, mint a 3. ábrán látható. Az árhullámok gyakoriság és időtartam szerinti elemzésének adatai főfolyóinkra vonatkozóan rendelkezésre állnak és biztos útmutatói a folyami munkálatok megtervezésének.<sup>5</sup>

A vízjárásban uralkodó törvényszerűségek ismerete azonban éppen a hosszabb idejű — 2—3 éves — építkezések szempontjából lenne fontos, itt biztosítana különösen jelentékeny költségmegtakarítást. Ha pl. előre tudnók, hogy rendkívül árvizes esztendő előtt állunk, amely után néhány szárazabb következik, nyilván ennek megfelelően választanók meg az építés idejét. A leg-

*A bizonyos magasságot meghaladó tetőzések száma az egyes évszakokban és az év folyamán*

— átlag, - - - maximum



3/a. ábra. A megadott magasságot elérő vagy meghaladó tetőzések átlagos és maximális száma évszakonként és az egész évben.

több esetben a munkakezdet időpontjának ilyen eltolódását is ellensúlyozná a körülzárás egyszerűbbé válása és a nagyobb munkatéren símban haladó építés élénkebb üteme.

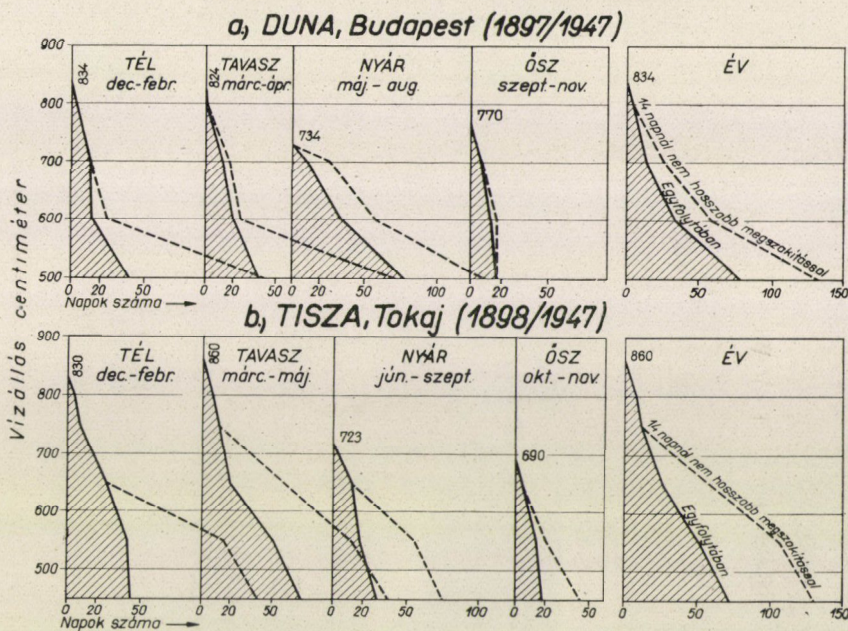
Kétségtelen, hogy a vízjárásnak és okozójának, az időjárásnak alakulásában az évek egymásutánját tekintve is határozottan kimutatható a ritmus. Egyik közismert okozója a napfolttevékenység. A benne megnyilvánuló szakszosságról azonban már *Labroust* kimutatta, hogy maga is több összetevő eredménye. *A perióduskutatás* ma még nem támaszkodhatik elegendő hosszú

<sup>5</sup> *Lászlóffy*: A dunai és tiszai árhullámok időtartama és gyakorisága. *Hidrológiai Köz-  
löny*, 1949. 5—6. és 7—8. szám.

észlelési idősorokra — már a 200 évre visszanyúló homogén megfigyelési anyag is ritka — és ezért inkább csak kísérletekről beszélhetünk. Az időjárási és vízjárási elemek ingadozásában *harmonikus analízissel* és egyéb módokon a kb. 35 éves Brückner-féle, és a 11 év körüli napfoltperiódus mellett számos más, 2—7 éves és szekuláris hullámzást találtak. De egyrészt az összetevő hullámok

*A bizonyos magasságot meghaladó vízállások leghosszabb időtartama az egyes évszakokban és az év folyamán*

—— egyfolytában, - - - - 14 napnál nem hosszabb megszakítással.

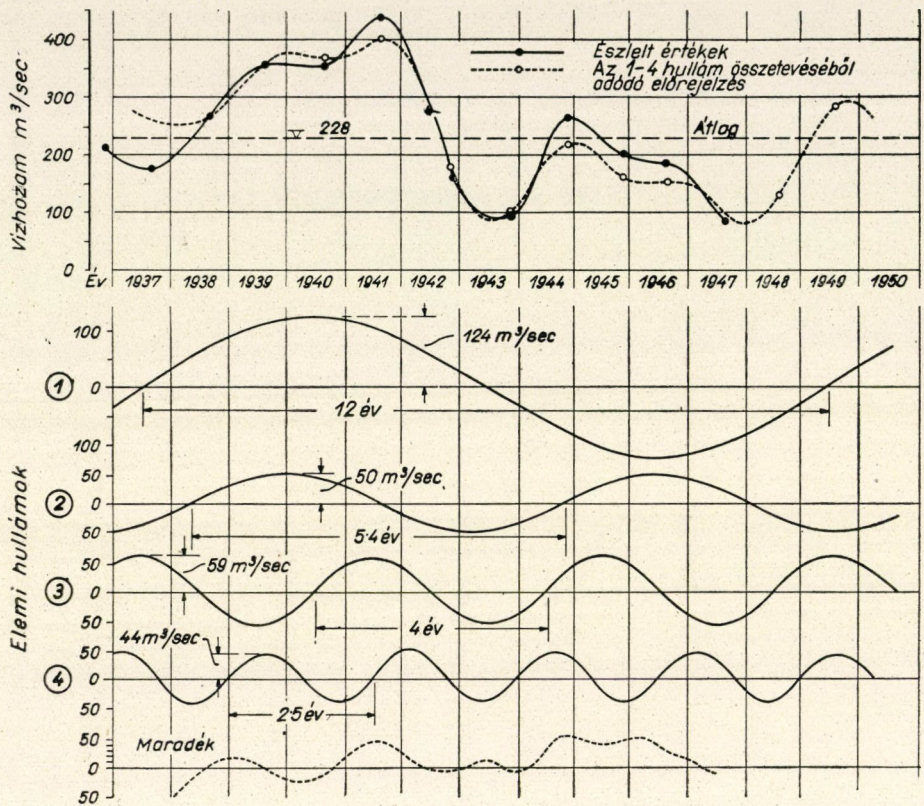


3/b. ábra

A megadott magasságot meghaladó vízállások leghosszabb időtartama évszakonként és az egész évben

időben változó amplitudója, másrészt a véletlen jellegű eltérések nagysága miatt az eredmények gyakorlati használhatóságától még messze vagyunk. Hidrológiai vonatkozásban megnehezíti a munkát az, hogy a lefolyás — minden egyéb tényezőt figyelmen kívül hagyva — nemcsak a csapadék mennyiségének, hanem a hőmérsékletjárásnak is függvénye. Így pl. az, hogy lesz-e tavaszi árvíz, vagy sem, a téli csapadék nagyságán kívül nem is annyira a téli középhőmérséklettől, mint inkább attól függ, hogy részleteiben hogyan alakul a hőmérséklet. Sok hó sem okoz árvizet, ha a tél folyamán apránként elolvad és ez bekövetkezhetik akkor is, ha a tél középhőmérséklete az átlagnál alacsonyabb. A téli hónapok középhőmérsékletét ugyanis egy-egy rendkívül hideg fagyhullám leszoríthatja akkor is, ha a közbenső időszakokban a meglévő hótakaró leolvad.

A kutatómunka azonban széles fronton folyik. Az idevágó közlemények között *dr. Bratránék A.* szép tanulmányát említhetem, amely — az egyik kétség-



4. ábra

Az Elba folyó kisvízi hozamának előrejelzése a nyári félévre Dëčinnél. Az észlelési adatokból kielemeztett négy szabályos (2.5, 4, 5.4 és 12 év periodusú) vízjárási hullám összetétele (szaggatott vonal) a valóságot jól megközelítő görbét ad, de a véletlen jellegű eltéréseket tartalmazó „maradék” mégis bizonytalanná teszi az előrejelzést (*Dr. Bratránék A.*)

telenül legegyszerűbb esetben ugyan, a nyári félév kisvízeinek előrejelzésében, de mégis — figyelemreméltó eredményeket adott az Elba folyó] csehszlovák szakaszára vonatkozóan<sup>6</sup> (4. ábra).

Hangsúlyozom azonban, hogy maga a szerző is próbálkozásnak nevezi munkáját és szerinte is *messze vagyunk még attól, hogy a nagyobb vízi építkezések végrehajtásának legcélszerűbb időpontját tudományos alapon jelöljük ki.*

<sup>6</sup> *Bratránék, A.*, Doc. Ing. Dr. : Kolísání přírodních zjevů a jeho využití pro dlouhodobé předpovědi. (Fluctuation des phénomènes naturels et leur utilisation pour les prévisions à longue durée). Státní Ústav Hydrologický T. G. Masaryka v Praze-Podbabě. Práce a Studie, Sešit 73. Praha, 1948. — Lásd még : Bull. Ass. Intern. Perm. des Congrès de Navigation. 24<sup>e</sup> année, No.33. Bruxelles, 1950.

### III. A vízerőművek üzemének hidrológiai kérdései

A vízerőművek üzemében — mint minden ipari üzemben — természetesen zavart okoz az anyaghiány, vagyis a *kisvíz*, de ezen kívül a nagyvíz is, mert ilyenkor az esés csökken. *Folyami erőművek esetében* az utóbbi körülmény a súlyosabb, mert *árvíz idején* az alsó vízszint bizonyosfokú emelkedése után az *energiatermelés teljesen megszűnik*.

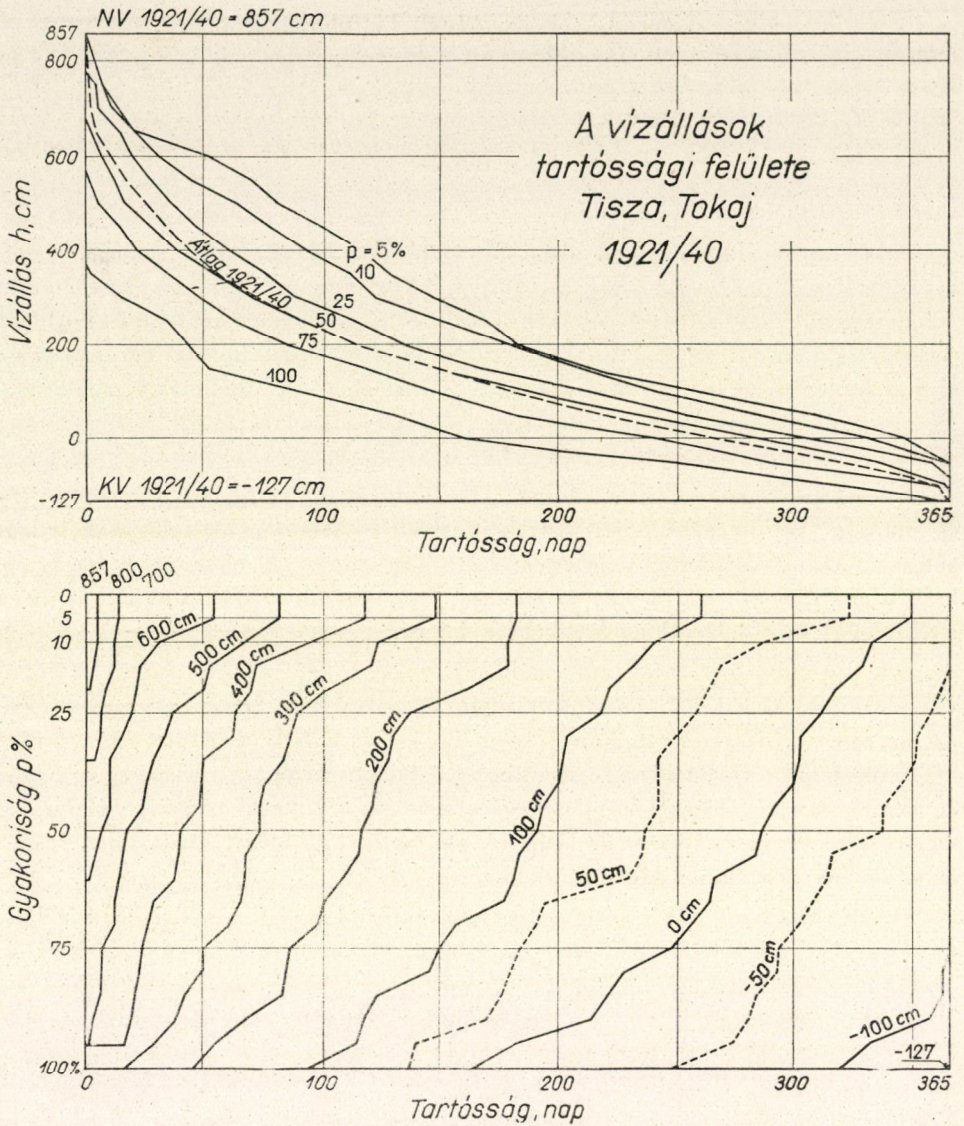
A vízjárás ingadozásait természetesen már a tervezés folyamán figyelembe kell venni. Ez általában a *vízhozamok tartóssági görbéje* alapján történik. Rendesen egy 10—50 éves időszak vízállás- és vízhozamtartóssági görbéjét szerkesztik meg és ennek alapján készül el az erőmű *teljesítményi ábrája*. Ez az eljárás kielégítő akkor, amikor valamely vízerőlehetőség *általános* vizsgálatáról van szó, de az üzemgazdasági tervek elkészítéséhez részletesebb hidrológiai adatfeldolgozásra van szükség.

Az átlag rendesen a valóságtól elvonatkoztatott fiktív érték, amely kiegyenlíti a szélsőségeket és elmossa a statisztikai jelenség alakulásának jellegzetes vonásait. Ezért már a legegyszerűbb esetekben sem elégszenek meg vele, hanem melléje állítják a két szélsőséget. Igényesebb vizsgálatoknál aztán a gyakorisági megoszlással egészítik ki a képet.

A különböző tartósságú vízállások gyakorisági megoszlásának számbavételével jutunk el az 5. *ábrához*, amelyről leolvasható, hogy a vizsgált évek 5, 10, 25 . . . . 100%-ában hány napon keresztül haladt meg bizonyos szintet a vízállás. Az ábra felső része úgy fogható fel, mint az *ú. n. tartóssági felület* egyenlőközü, függőleges síkmetszeteinek sora, míg az alsó részen a vízszintes metszősíkok adta szintvonalak láthatók. A tartóssági felület gyakorlati értékét legjobban egy példán világíthatjuk meg.

Amíg a Tisza tokaji szelvényére vonatkozó 1921/40. évi átlagos vízállás-tartóssági görbe csak annyit mondott, hogy pl. 500 cm-t meghaladó vízállás évente mintegy 24,6 napon át fordul elő, most nemcsak azt olvashatjuk le közvetlenül az ábráról, hogy az 500 cm-t meghaladó vízállás évenkénti időtartama 0 és 82 nap között változott, hanem azt is, hogy az összes eset 25—25%-ában 6 napnál rövidebb, ill. 37 napnál hosszabb volt, stb. S ha pl. 500 cm lenne az a vízállás, amelynél az erőmű termelése megszűnik, megállapíthatnók, hogy ez az eset 20 év közül 19-ben bekövetkezik, mégpedig átlag 20, 10, 5, 3 és másodévenként rendre 82, 67, 51, 30, ill. 17 nap tartamára. Nyilvánvaló, hogy ezek az időnként igen tekintélyes termelési szünetek alapján érintik a termikus tartalék kérdését, amelyet az egyszerű tartóssági görbéről leolvasott »évenként átlag 25 nap« nem világít meg kellőképpen.

Hasonló statisztikai elemzést kell végeznünk a *kisvízi hozamokra* vonatkozóan is. Ha pedig az erőműnek a fogyasztási csúcsok kielégítésében kívánunk szerepet juttatni, az egyéves időszak helyett a *4—6 hónapos téli időszak vízviszonyaira kell tartóssági felületábrákat szerkesztenünk*.



Tartóssági felület. Az ábráról valamely meghatározott vízállás különböző valószínűséggel előforduló évi tartósságai olvashatók le. (Pl. a 200 cm-nél magasabb vízállás évi tartóssága mindenkor több 45 napnál, az esetek 50 %-ában meghaladja a 117 napot és 10 %-ában a 178 napot)

Nem annyira a vízerőmű, mint inkább a hőerőtartalék és az általános energiagazdálkodás szempontjából lenne fontos a várható vízienergiatermelés előrejelzése. Ez végeredményben meteorológiai kérdés. A hosszúidejű meteorológiai és hidrológiai előrejelzések nehézségeit már fentebb említettem. Bármilyen fizikai vagy statisztikai módszerrel történjenek is, egész kontinensekre kiter-

jedő állomáshálózat időjárási viszonyainak folyamatos nyilvántartását és az elmúlt évtizedek észleleteivel való állandó összehasonlítását teszik szükségessé. Erre olyan kis országnak, mint hazánk, nincsenek meg az anyagi lehetőségei. De az Egyesült Államokban és különösen a Szovjetunióban egy-két évtizede nagyarányú kísérletek folynak a hosszúidejű hidrológiai előrejelzéssel, főként a tározó medencék vízgazdálkodásának tervszerűvé tétele érdekében. (A tavaszi árvizekre, illetőleg a következő hidrológiai félév általános jellegére vonatkozó előrejelzések.) Noha energiagazdasági szempontból kevésbé jelentős, megemlítem a 4—6 hetes előrejelzést is, amellyel ma már csaknem minden meteorológiai intézet kísérletezik, többek között a budapesti is. Mivel legtöbb folyónk határainkon túl ered, *hidrológiai szempontból mindenképpen a külföldi előrejelzésekre vagyunk utalva. A Tisza tekintetében a Moszkvai Központi Előrejelző Intézet (Centralni Insztitut Prognozov, CIP.)* adatai jelenthetnek részünkre értékes segítséget.

A vízerőtermelést ugyancsak kevésbé érdekli, de a parti területek árvízi biztonsága szempontjából rendkívül fontos csatornázott folyón a várható víz-állások, különösen pedig az *árvizek előrejelzése*. Ez a 24—48 órás, esetleg 3—6 napos előrejelzés teszi lehetővé, hogy az üzem vezetősége a közeledő árvíz hírére a zsilipek nyitásával a tárolt víztömegeket idejében lebocsássa, a medret az árhullám befogadására szabadabbá tegye.

Itt elsősorban *azt a kérdést kell tisztázni, hogy a tárolt víz levezetéséből eredő mesterséges árhullám nem jelenthet-e veszélyt a vízlépcső alatti szakaszra nézve*. Ha figyelembe vesszük, hogy a Tisza napi hozama nagy árvíz idején 300—350 millió m<sup>3</sup>, míg a tiszalöki vízlépcső feletti szakaszon a mederben tárolt vízmennyiség mindössze 30 millió m<sup>3</sup>, nyilvánvaló, hogy még a tetőzései egyidőben való lebocsátás is csak 8—10%-kal növelné a természetes hozamot. A helyzet azonban lényegesen kedvezőbb, mert az erőmű, és hiányában, amúgy is kénytelen megállni, még mielőtt a víz a part magasságáig emelkednék és így a duzzasztás is megszüntethető. Ha ebben az időpontban az eddig észlelt leghevesebb árhullám közeledését jelzik és a mederben tárolt 30 millió m<sup>3</sup> vizet 24 óra alatt kívánjuk lebocsátani, legfeljebb 2300 m<sup>3</sup>/sec hozamot kapunk, míg a legnagyobb árvízi hozam ezen a szakaszon 4000 m<sup>3</sup>/sec! Világosan látható tehát, hogy *a duzzasztás megszüntetésével előidézett mesterséges árhullám nem módosíthatja érdemlegesen a felülről érkező árhullám alakulását*. Még kevésbé lehet erről szó, ha a tárolt víz lebocsátására 24 óránál hosszabb idő áll rendelkezésre.

Már pedig 24—48 órás árvíz-előrejelzés a hazánk területén fekvő vízmérceállomások vízállásadatai alapján is lehetséges. Ha pedig a szomszédos baráti államok területén fekvő vízmérceállomások, vagy éppenséggel az ottani csapadékmérőhálózat adataira támaszkodhatunk, *az előrejelzés ideje 3—4 napra is megnövelhető*. Ennek két feltétele van: 1. *Rendszeres meteorológiai és hidrológiai adatfeldolgozásunkat ki kell terjesztenünk a folyóvizek vízgyűjtőjének egész területére*. (Az árhullámok kialakulását és levonulását jellemző törvényszerű-

ségek megismerése céljából ezt természetesen a *multra is* el kell végezni.) 2. Szorosabbá kell tennünk az együttműködést a szomszéd államok hidrometeorológiai szerveivel és természetesen meg kell teremtenünk a szakértők személyes érintkezésének, tapasztalatcseréjének lehetőségét is.

#### IV. Jégviszonyok

Mind a hidrológiai előtanulmányok, mind a vízerőművek üzeme szempontjából különös figyelmet kell szentelnünk a jégviszonyoknak.

A hidrológiai előtanulmányoknál — a vízállásokról a vízhozamokra való áttérésnél — általában el szokták hanyagolni azt a körülményt, hogy a jégtakaró gyökeresen módosítja a vízlefolyási viszonyokat és így a vízállások és vízhozamok összefüggése más a jeges időszakban, mint jégmentes időben. Általános jellegű előtanulmányoknál ez megengedhető, mert elhanyagolása a mi éghajlatunkon legfeljebb 5—8% hibát okoz az évi vízhozamban és többéves átlagban még ennél is kisebbet, tehát elhanyagolható. De már részletes üzemgazdasági vizsgálatoknál, különösen ha a téli időszakra vonatkoznak, figyelemmel kell lenni a jégre, mert enélkül a havi vízhozamértékeket 30—40%-kal is túlbecsülhetjük.<sup>8</sup>

A tervezés szempontjából a duzzasztóművek pillérei közötti szabad nyílás megválasztását érinti a jégkérdés. Világos ugyanis, hogy a duzzasztóműnek nem szabad károsan befolyásolnia a jég levonulását, mert így súlyos árvíz oka lehet. A minimális pillértávolságot nem lehet számítással meghatározni, mert a zajló jég elakadása számos körülmény szeszélyes összjátéka folytán következik be. A hidrológus és sztatikus szembekerül ebben a kérdésben, de a megépült vízerőművek példája mutatja, hogy 25—30 m-es szabad nyílások általában megfelelnek. A duzzasztómű pillérei közötti szabad nyílás a dunai Kachlet-műnél 25 m, a rajnai Ryburg—Schwörstadt-i műnél 24 m. A birsfeldeni műnél (ugyancsak a Rajnán) 27 m-es nyílásokat terveznek. A Vladimirescu testvérek a Vaskapu vízeréjének kihasználására tervezett vízlépcsőnél 40 m-ig mentek.<sup>9</sup>

A jéglevonulás szempontjából azonban nem is annyira a szabad nyílások nagysága, mint inkább a jó elhelyezésük fontos. A zajló jégtáblákat, tehetetlenségük miatt, nem lehet útjukból egyszerűen kitéríteni. Ezért meg kell figyelniük pályájukat és ennek megfelelően kell a pilléreket kiosztani. A visegrádi áttörés alatti dunaszakasz jéglevonulási viszonyainak felderítése végett légi fényképeket kellene készíttetni a jégzajlásról. A Tiszán ez kevésbé fontos, mert ott a zajlás nem szokott veszedelmes lenni.

<sup>8</sup> Lászlóffy : A folyók jégviszonyai, különös tekintettel a magyar Dunára. *Vízügyi Közlemények*, 1934/3. szám és Lászlóffy : A folyók jégviszonyai. *Magyar Technika*, 1949/2. szám.

<sup>9</sup> Studiu pentru amenajarea hidrotehnică a Dunării la Porțile de Fier. IRE, *București*, 1944.



Az építkezés munkatervének elkészítésénél jó szolgálatot tesz a *jégstatistika*, amely egyrészt a jégjelenségek bekövetkezésének időpontjáról, másrészt a jégelőfordulás valószínűségéről tájékoztat. Mivel éghajlatunkon teljesen jégmentes tél is lehetséges, az alábbi táblázatban a középértékek mellett csak egy szélsőség szerepel.

*A Duna és Tisza jégviszonyainak jellemző adatai*

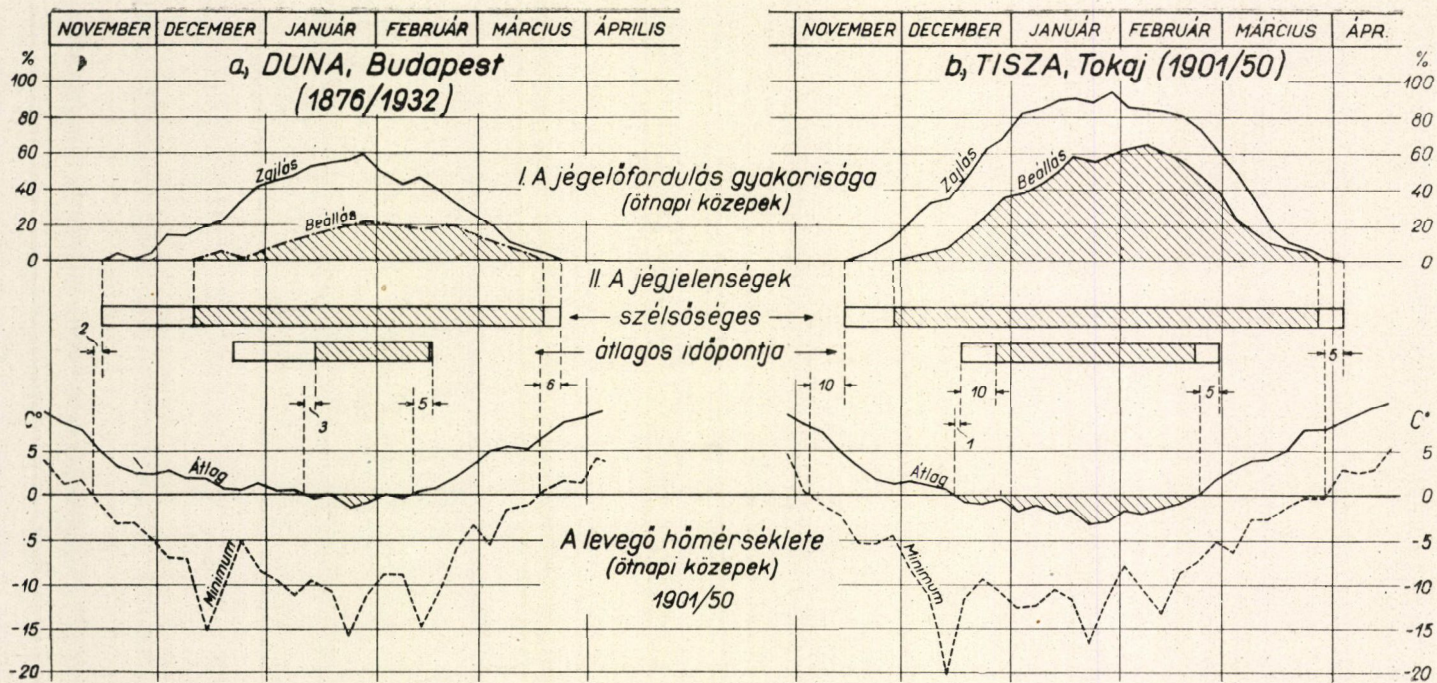
Vízfolyás és víz- mércze Vizsgált időszak	Jég- megjelenés		Beállítás		Az álló jég felengedése			A jég eltűnése		A jeges időszak		A beállítás		Az évek hány %-ában	
	legkorábban	átlag	legkorábban	átlag	átlag	legkésőbbben	átlag	legkésőbbben	időtartama, nap				marad-e a jég?	áll be a folyó?	
									átlag	max. és éve	átlag	max. és éve			
<i>Duna, Budapest</i> 1876/77—1932/33	1888. XI. 15	XII. 22	1879. XII. 11	I. 14	II. 15	1929. III. 19	II. 16	1929. III. 24	37	98 (1879/ 80)	12	83 (1879/ 80)	3	39	
<i>Tisza, Tokaj</i> 1901/02—1949/50	1908. XI. 15	XII. 18	1915. XI. 29	XII. 27	II. 21	1907. III. 28	II. 28	1909. IV. 4	71	127 (1908/ 09)	53	118 (1908/ 09)	0	76	

A jég megjelenésének legkorábbi időpontja teljesen megegyezik a Dunán és a Tiszán. A többi adaton azonban már világosan látszik, hogy a jégviszonyok alakulását lényegesen befolyásolja a folyók esése. Minél kisebb az esés, annál lassúbb a folyó és annál könnyebben hűl le a vize a fagypontra, ill. annál könnyebben áll be a felszíne. De kitolódik a felengedés és jéglevonulás időpontja is, és ennek folytán *a kis esés lényegesen megnöveli a jeges időszak tartamát.*

Mivel a vízszintesés a vízlépcsők fölött a duzzasztás folytán csökken, *a folyócsatornázás a jégviszonyok súlyosbodásával jár.* Kérdés, hogy milyen mérvű lesz a súlyosbodás és mik lesznek a következményei?

Számításainkban az éghajlati adatokból indulhatunk ki, mert az erőművek megépítése az időjárást nem befolyásolhatja. Mivel a víz hőmérséklet-változásai és a jégjelenségek bizonyos késéssel követik a léghőmérséklet járását, elegendőnek látszik az utóbbi 5 napos középértékeit vizsgálni, amelyek Budapestre és a Tokaj közelében levő Tarcalra készen kiszámítva rendelkezésre állanak.

A 6. ábra szerint a léghőmérséklet pentád-közepi Budapestén átlag 32 napig, Tarcalon 68 napig vannak a fagypontra alatt. A jeges időszaknak (amelyben jég egyáltalában, akár zajlás alakjában is, előfordul) az átlagos időtartama (37, ill. 71 nap) jó összhangban van ezekkel az adatokkal, ha megdondoljuk, hogy a jég elolvadása milyen hatalmas melegmennyiségeket kíván. A jeges időszak tartama és a fagypontra alatti pentád-hőmérséklet időtartama között



6. ábra.

A téli hónapok hőmérsékleti viszonyainak és a jégjelenségek alakulásának áttekintése.

tehát elég szoros az összefüggés. *A folyócsatornázás legfőbb következménye az, hogy az egyszer már megjelent jég meg is állhat, tehát a fenti 37, ill. 71 nap a jövőben nemcsak a jeges napok összes számát, hanem gyakorlatilag a beállás időtartamát is jelenti. Legfeljebb arról lehet szó, hogy a hosszabb állás miatt jobban megerősödő jégpáncél egy-két nappal tovább marad meg a fenti értékeknél.*

A beállásnak a jövőben lehetséges leghosszabb időtartamát is kereshetnők a pentád-hőmérsékletek alapján. E végből tüntettük fel a 6. ábrán az 50 év alatt észlelt legkisebb pentád-értékeket is, amelyek Budapesten 125, Tarcalon 145 napos időtartamot adnának a jeges időszak lehetséges felső határául. De a minimumok görbéje különböző évekből adódik. A valóságban nincs olyan év, amelyben ilyen hosszú ideig tartana a fagyos idő. Ha tehát pontosan akarunk eljárni, az *egyed-évek* hőmérsékleti viszonyait kellene feldolgoznunk. Ezek azonban a jégviszonyokban amúgy is kifejezésre jutnak és így részletesebb meteorológiai vizsgálat nélkül is feltehetjük, hogy *a múltban előfordult leghosszabb (a zajlást is magában foglaló) jeges időtartam a jövőben a beállás maximális időtartamát jelenti.*

Ezekkel a megfontolásokkal kimondhatjuk, hogy a beállás *átlagos* időtartama Budapesten 12 napról 37-re, Tokajban 53-ról 71-re, a *leghosszabb* időtartama pedig 83-ról 98-ra, ill. 118-ról 127 napra emelkedhetik. A különbségek átlaga 17 nap. Ennyivel több ideje lesz a jégpáncélnak a hízásra. Tapasztalat szerint azonban a jég vastagsága elsősorban a jég megjelenésekor uralkodó időjárási viszonyoktól, a kezdetben képződött jégkristályok tömegétől függ, mert a már kialakult jégtakaró a továbbiakban hőszigetelőként hat. Ennek és a víz koptató hatása folytán a jégtakaró 2—3 hét alatt alig vastagszik. *Nem kell tehát attól tartani, hogy a duzzasztó fölött huzamosabb ideig tartó jégborításnak a jéglevonulás szempontjából különösebben káros következményei lesznek.*

De természetesen nem vitás, hogy a duzzasztott szakaszokon gyakoribb lesz a beállás, mint jelenleg: *az évek 95—98%-ában meg fog állni a jég.*

Ez a gyakoribb beállás *a vízerőmű üzeme szempontjából semmiképpen sem aggályos*, mert a gerek eltömődése ellen ma már sikeresen tudunk védekezni. A Szovjetunió kivül az északi államok és a magas hegységek számtalan vízerőművének zavartalan téli üzeme bizonyítja ezt.

De *nem aggályos a jégborítás évenkénti visszatérése az árvédelmi biztonság szempontjából sem.* Azokban az esztendőkből ugyanis, amikor a duzzasztómű alatt nincs jég, a gát felett megálló jeget időről időre le lehet bocsátani. Ha pedig kemény télen a folyónak a vízlépcső alatti szakasza is beáll, a duzzasztómű jelenléte semmit sem változtat a helyzeten. A jég levonulása egyébként a mélyen beágyazott medrű Tiszán — földrajzi és meteorológiai okokból — veszedelmesebb torlódások nélkül szokott történni. A Középduna jeges árvizeinek keletkezési fészke pedig messze a tervezett erőmű alatt, a Sió és a Dráva torlolata közötti szakaszon van. Ezeknek a befolyását egy Visegrád körüli duzzasztómű aligha érinti.

A jégborítás időtartamának megnövekedése a vízlépcső fölötti szakaszon a *dunai hajózás* szempontjából természetesen hátrányos. Ezen a hátrányon azonban — ha szüksége mutatkozik — egy *jégtörőhajó beállításával könnyű segíteni*. A jégtörő működése mindaddig eredményes lesz, amíg a felaprózott jég szabadon leúsztható, vagyis amíg a vízlépcső alatti szakasz be nem áll. A nagy nemzetközi víziút forgalmi viszonyai ezért semmivel sem lesznek rosszabbak a jelenleginél.

Összefoglalóan nyugodtan állíthatjuk, hogy a *folyócsatornázás a jégviszonyok szempontjából nem aggályos*. Az amúgy is kis esésű, lassúfolyású Tiszán a vízlépcsők megépítése alig fog változtatni a jelenlegi viszonyokon, a Dunán viszont a vízlépcső fölötti gyakoribb beállásnak nem várhatók káros következményei sem árvédelmi, sem hajózási szempontból. Az erőművek üzeme szempontjából természetesen már a tervezésnél gondolni kell a jégre. Ez főképpen a gerebek eltömődése elleni védekezés és a duzzasztás közbeni jéglebotcsátás kérdésének gondos tanulmányozását teszi szükségessé.

## HOZZÁSZÓLÁSOK

LÁSZLÓFFY WOLDEMÁR előadásához

KÉRI MENYHÉRT tanár

A vízepítési műtárgyak tervezése, építése és működése során felmerülő meteorológiai problémák, amelyeket az elhangzott előadás meteorológiai — szakmai szempontból is precízen határozott meg, a meteorológusok számára is problémát jelentenek — még akkor is, ha hidrológiai vonatkozásaiktól eltekintünk. Azonban ez a megállapítás nem jelenti azt, hogy ezeknek a problémáknak nemzetgazdasági jelentősége megszűnik abban a pillanatban, amikor csupán meteorológiai problémaként fogjuk fel őket. Ellenkezőleg: a nemzetgazdaság legkülönbözőbb ágai támasztják a meteorológiával szemben a legheterogénebb kívánások egész sorát, amelyek többségükben megegyeznek a hidrológusok kívánásaival és jó megoldásuktól nagymértékben függ mostani kibővített ötéves tervünk, de különösen a következő ötéves tervek sikeres végrehajtása.

Hozzászólásomban csupán *érinteni szeretném azokat a feladatokat, amelyeknek megoldását tőlünk meteorológusoktól várja a hidrológia*. Részletesebben óhajtom tárgyalni ezen feladatok megoldásának módjait és végül fel szeretném sorolni azokat a legsürgősebb teendőket, amelyeknek végrehajtása már most módunkban áll és fontosak az előbb említett célok érdekében.

Először említem a különböző hosszúságú, rendszerint egy héttől három hónapig terjedő időtartamon belüli ú. n. *hosszúidejű időjárás előrejelzések problémáját*, talán a legfontosabb és egész bizonyosan a legnehezebb feladatot, amelynek megoldása a közeljövőben a meteorológusokra vár. Olyan kutatási iránya ez a meteorológiának, amely azóta foglalkoztatja kutatóit, amióta él a törekvés, hogy fellebbentsük a fátylat a jövőről, megtudni: milyen lesz az elkövetkező napok, hetek vagy hónapok időjárása. A probléma tehát igen régi. De annál fiatalabbak azok a módszerek, amelyek ezt a problémát a meteorológiai

kutatás egyetlen lehetséges helyes módján: a fizikai törvényekkel megmagyarázható, matematikai formába önthető időjárás-törvényszerűségekkel igyekeznek megközelíteni. Igen sok, alapos munkával kidolgozott, a meteorológiai-statisztika, vagy a dinamikus meteorológia mechanizmusába nyert bepillantás eredményeire külön-külön, vagy együttesen épített módszer ismeretes vagy van használatban, amelyekkel *igen szép eredményeket értek már el a különböző országok, közöttük elsősorban a Szovjetunió meteorológusai*. De egyrészt éppen a legkritikusabb időszakokban, nálunk pl. tavasszal, *viszonylag alacsony ezeknek az előrejelzéseknek a beválási százaléka*, másrészt az elért eredmények, éppen az ú. n. időjárás-*vis* major esetekben, *egyáltalán nem állnak arányban a rájuk fordított befektetéssel és munkával*.

A fejlődés útja kettős: a nagy anyagi erővel rendelkező országoknak tökéletesíteniök, bővíteniök kell azokat a technikai berendezéseket, amelyek szükségesegek a hosszúidejű előrejelzések mai lehető legjobb elkészítéséhez. Ez elsősorban a szinoptikus állomáshálózat teljessé tételében, a magaslégköri mérések széleskörű kiépítésében és az éghajlattani statisztikai munkák gépesítésében áll. A másik út: *megadni minden lehetőséget az ebben az irányban vizsgálódó kutatóknak azért, hogy minél előbb kikerüljön közülük az első, elméletileg is mindenben helytálló és jól használható hosszúidejű előrejelzési módszer kidolgozója*. Ezt a kutatót, a hozzászólásom végén ismertetendő feltételek megteremtése esetén, bármelyik kis állam adhatja a haladó emberiség javára.

Igen fontos és szerencsére a legkönnyebben megoldható, az *árvizek előrejelzésével kapcsolatban felmerülő meteorológiai probléma*, amelynek van egy éghajlati és egy időjárástani oldala. Szándékosan használom itt az időjárástani kifejezést a megszokottabb, de szűkebb tartalmú »prognosztika« szó helyett, mert ennek a problémának a megoldásában a közelmúlt és a pil anatónyi időjárás hű képének megrajzolása legalább olyan fontos szerepet játszik, mint a nagy beválási százalékú 24—36—48 óras előrejelzésekben. Egy-egy vízgyűjtő-területen belül a hidrológiai igényeknek megfelelő módon szervezett csapadék-jelentő hálózat lehetővé teszi, hogy a területről lefolyó víz mennyiségét és a nagy csapadékok vagy hóolvadás következtében beálló árvizek időtartamát, tetőzésük időpontját előre megbecsülhessük azon a ponton, amelyhez a vízgyűjtő-terület tartozik, csupán a jelentőshálózat által szolgáltatott, a közelmultra vagy a jelen pillanatra érvényes időjárás-*helyzet* hű ábrázolása segítségével.

Hangsúlyoznom kell, hogy egy ilyen speciális jelentőshálózat — eltérően az általános meteorológiai követelmények által megszabott jelentések tartalmától — *egészen új elemeket is be kellene, hogy vegyen jelentéseibe*, mint amilyen pl. a *csapadék intenzitása, teljes időtartama, télen a hó alakjában hullott csapadék vízértéke, a belőle származó hótakaró vastagsága és a hótakaróban akkumulált téli csapadék vízértéke, a talajfagy mélysége* stb., stb. Az is természetes, hogy ez a hálózat telepítése és műszerfelszerelése szempontjából is erősen eltérő lesz a szokásos meteorológiai állomásoktól. Telepítés tekintetében hidrológiailag döntő, hogy a vízgyűjtőterület különböző magasságú szintjeinek arányában legyen jelentőshálózatok és ne forduljon elő az a meteorológiai állomáshálózatban egyébként gyakori hiba, hogy hegyes vidéken az állomások túlnyomórésze a völgyekbe esik — aminek természetes magyarázata az, hogy a jól betelepült völgyekben könnyebb észlelőt találni, mint a kevésbé lakott hegytetőkön, vagy csúcsokon. Műszerfelszerelés tekintetében is lényeges eltérés lesz a hidrológiai és meteorológiai állomáshálózat között. *A legegyszerűbb csapadékmegfigyelő állomás sem nélkülözheti — ha a hidrológiai célokért is dolgozik — a csapa-*

*dékmérőn kívül a hóvastagság- és hósűrűségmérőt és az esőirót.* Ahonnan egyéb adatokat is várni fogunk, ott természetesen meg kell lennie a szükséges műszereknek is (*talajhőmérők és nedvességmérők, párolgásmérők* stb.). Mindezek elsősorban a már üzemben lévő műtárgyak zavartalan működésének biztosítása érdekében szükségesek.

*A tervezés és építés inkább éghajlati problémák megoldását várja tőlünk,* bár az építés alatt igen gyakran van szükség a várható időjárás ismeretére, amint ezt az előadás is hangsúlyozta. Felbecsülhetetlen értéke van itt annak a hosszú évtizedek megfigyelési anyagát magábfoglaló adattömegnek, amely a meteorológiai intézetek birtokában van. Pl. a mértékadó árvizek megállapítása éppen ezeknek a hosszú s több-kevesebb munkával még hosszabbá és homogénné tehető csapadékmegfigyelési soroknak a segítségével lehetséges. Minél hosszabb sor áll rendelkezésünkre, annál nagyobb a valószínűsége annak, hogy a számított mértékadó árvíz értéke közel lesz az azon a vízgyűjtőterületen előfordulható maximális értékhez. Ugyanilyen értéke van a folyók jégviszonyainak tanulmányozása szempontjából a hosszú hőmérsékleti megfigyelés-soroknak, amint azt az előadás kapcsán bemutatott példa nagyon szemléltetően igazolja. Az éghajlati megfigyeléseknek hidrológiai értékét bizonyító példát még többet hozhatnánk, de talán az elmondottak is eléggé meggyőzően igazolják, hogy a *vízépítési műtárgyak tervezése, ha nemcsak a biztonságot, hanem a kötelező takarékoságot is szem előtt tartja, nem nélkülözheti a műtárgy vízvidékének hosszú évtizedekre visszamenő meteorológiai adatait.*

Most érkeztem hozzászólásomnak ahhoz a részéhez, amelyre az elején, mint meglehető javaslatra hivatkoztam: a már meglévő *megfigyelési anyag*nak az értéke csak akkor mutatkozik meg teljes egészében, ha az egész vízgyűjtőterületről rendelkezésre áll. A tiszalöki szelvényhez tartozó vízgyűjtőterület túlnyomó része azonban a Szovjetunió, továbbá a Csehszlovák és Román Népköztársaság területére esik. Ennek következtében a vízlépcső üzemének zavartalansága érdekében végzendő *meteorológiai szervező- és kutatómunka első lépése csak ezekkel a szomszédos államokkal való együttműködés megteremtése lehet.* Ezen a téren a hidrológusok előttünk járnak és bizonyára készséggel fogják tapasztalataikat rendelkezésünkre bocsátani a hidrometeorológiai problémák megoldása érdekében.

Az elmondottak után javasolom tehát, hogy

1. a szomszédos népi demokráciák hasonló intézményeivel vegye fel a kapcsolatot a magyar meteorológiai szolgálat;
2. valósítsuk meg a kölcsönös kutató- és tapasztalatcserét;
3. dolgozzunk ki egy hidrometeorológiai jelentő és táviratozó szolgálat tervezetét, közösen a szomszédos népi demokráciákkal és végül
4. az együttműködés tapasztalatai alapján teremtsük meg a Dunabizottsághoz hasonló Közép- és Kelet európai Hidrometeorológiai Bizottság létesítésének és működésének feltételeit.

OTTO DUB egy. m. tanár (Állami Vízgazdálkodási Kutató Intézet, Pozsony)

Az előadásban felvetett gondolatokhoz három megjegyzést kíván fűzni.

1. *A vízerőművek duzzasztóinak szabad nyílását* rendkívül nehéz meghatározni. A matematikai statisztika módszereinek alkalmazása, ahogyan a Szovjetunióban szokásos, jelentős haladást jelent, különösen a gazdasági szempontok egyidejű figyelembevételével. A szlovákiai gyakorlat szerint a víziműtárgyak

szabadnyílásának méretezésénél a mértékadó árvízen kívül kisebb vízfolyásoknál annak háromszorosával, nagyobb vízfolyásokon annak 1,3-szorosával is elvégzik a számítást és a műtárgynak — bizonyos megengedett túlduzzasztással — ezt a nagyobb vízmennyiséget is le kell tudnia vezetni. A hidraulikai méretezés terén a matematikai statisztika módszereinek alkalmazása nagy haladást jelent, de végleges megoldásról még nem beszélhetünk.

2. *Az árvizek előrejelzése* annál nehezebb, minél kisebb a vízgyűjtőterület. A folyók felső szakaszán a levonulási idők rendkívül rövidek és így a vízállásokból, illetőleg a lefolyó vízmennyiségekből való előrejelzés helyett a csapadékokból való előrejelzéshez kell folyamodni. A prognózis megállapításának alapjai tehát a csapadék mennyisége, a hótakaró víztartalma és a hőmérséklet. Ezekből az adatokból a korrelációs számítás segítségével történhetik az előrejelzés. De az igényeket nagyon le kell szállítani, legfeljebb 6 órás előrejelzésről lehet szó. A hegyvidéken tehát a nehézségek mintegy felnagyítva jelentkeznek.

Tiszalök esetében a megoldás lényegesen egyszerűbb. Itt már a folyó felsőbb szakaszán teljesen kialakult ár hullám alapján, vízállásokból történhetik az előrejelzés. Természetesen nincs akadálya annak, hogy az előrejelzést a hegyvidék meteorológiai adatainak felhasználásával, vagy szükség esetén újabb állomások felállításával, tökéletesítsük. Ebben *szlovák részről a legmesszebbmenő támogatást ígérheti*. Ily módon Tiszalökre olyan pontos előrejelzéseket lehet készíteni, amilyenekről Szlovákia hegyi folyóin még csak álmodni sem lehet.

3. *A hosszúidejű előrejelzés* kérdése az előbbieknél is nehezebb. Valószínű, hogy a korreláció-számítás segítségével itt is el lehet majd érni bizonyos eredményeket, de a harmonikus analízis alkalmazásának sikerében nem hisz. Van ugyan száraz és nedves évjáratok, de periodicitásról a hidrológiában aligha lehet beszélni, legalábbis nem a mi földrajzi övezetünkben. Ezzel a kijelentéssel a meteorológiai jelenségek szakaszosságának kérdését nem kívánják érinteni.

POP RADU egy. m. tanár (Bukarest)

A mértékadó árvizek számítása a víziműtárgyak gazdasági érték szerinti osztályozásának figyelembevételével, úgy, ahogyan a Szovjetunióban történik, a román vízügyi gyakorlatban is szokásos. Először *Ogorodin* szovjet szakértő végzett egy ilyen konkrét számítást a Dunára vonatkozóan, a torkolati szakaszra. Az az előadó által is hangsúlyozott nehézség, hogy az előfordulási valószínűség az előfordulás időpontjára vonatkozóan semmiféle útmutatást sem ad, a gyakorlatban sajnos nagyon hátrányosan érezteti hatását. Utal a romániai tervezéseknél alkalmazott gyakorlatra, amely figyelembe veszi a vízerőművek beruházási értékét és gazdasági jelentőségét. Az eljárás a folyamatban lévő nagyarányú tervezésekkel kapcsolatban alakult ki. *Cristea Mateescu* professzor kimutatta, hogy az eljárás, amely a hidrológiai jelenségekben megnyilvánuló ciklikus változások vizsgálatán alapszik és a múlt jelenségeiből következtet a jövőre, már 20 évi megfigyelési adatsor alapján is sikerrel alkalmazható. Így vizsgáljuk a vízhozamokat, a vízerőtermelési, tározási és öntözési lehetőségeket. A Beszterce folyón tervezett Lenin-erőművel kapcsolatban a vizsgálatokat a közelmúltban végezték el. Itt egy 1 milliárd m<sup>3</sup> befogadóképességű tározómedencéről van szó, amelynek vizét energiatermelésre, öntözésre és a Szeret hajózási viszonyainak megjavítására kívánják felhasználni.

*Az előadó által említett nemzetközi együttműködésre a román szakkörök mindenkor a legnagyobb mértékig készek.* Bízunk benne, hogy a közös meteorológiai

és hidrológiai problémákat teljes együttműködésben, a lehető legjobban fogják megoldani. Ezt az együttműködést úgy tekinti, mint a szoros baráti kapcsolat zálogát a két népi demokrácia szakemberei között.

MAURER GYULA okl. mérnök

A Szovjetunióban szabályzat van a víziműtárgyak méretezésére mértékadó árvíznek a valószínűségszámítás módszerével való meghatározására. Romániában is használják ezeket a szabályokat. Figyelemreméltó a víziépítkezések ideiglenes építési létesítményei és a végleges jellegű építmények biztonsága közötti különbségtétel. Az építkezés árvízi biztonságának kérdésénél sok tényezőt kell figyelembe venni. Természetesen más a helyzet akkor, ha a munkagödör önálló árvédelmi egység és ismét más, ha az árvédelmi rendszerbe illeszkedő műtárgy munkatéréről van szó. Ebben az esetben ugyanis a munkatér elöntése egyben az árterület és esetleg belsősegek víz alá kerülését jelenti. A munkatér helyi adottságai is különbözők lehetnek. Tiszalök esetében pl. az árvízzel való esetleges elöntésnél befolyhatnak a rézsűk, amelyeket ezután már nem lehet helyreállítani, sőt tönkremehet a talajvízszint-süllyesztő berendezés is. Kötött talajnál az elöntés sokkal kisebb veszélyt rejt magában. Természetes, hogy minél kisebb műtárgyról van szó, annál kisebb biztonsággal elégedhetünk meg az építés megtervezésénél, mert ilyenkor a munkatér esetleges elöntése utáni újbóli berendezése nem okoz jelentékeny költséget.

Önkritikát kell gyakorolnunk, mert annak ellenére, hogy a magyar műszaki tudományban ez a kérdés sincs elhanyagolva és vannak hozzáértő kartársaink, *nem egyszer hozzáfogunk nagy építkezésekhez anélkül, hogy a mértékadó árvizet előzetesen meghatároznók.* A jövőben ezen változtatni kell. *A hidrológiai statisztikai számításokat el kell végezni és az adatokat kinyomtatva nyilvánosságra kell hozni, hogy ne csak a tudományos fórumokon essék szó róluk, hanem rendelkezésre álljanak a helyszínen dolgozó építésvezető mérnököknek is, akik ma csupán megérzésekre vannak utalva.*

*A Közlekedés- és Mélyépítéstudományi Egyesület lenne leginkább hivatott arra, hogy irányelveket dolgozzon ki a vízi létesítmények tervezésére vonatkozóan és megszabja, hogy a különböző építkezéseknél milyen fokú árvízi biztonságot, milyen valószínűségű árvizet kell figyelembe venni. Ebből a célból a Hidrológiai Társasággal karöltve minél sürgősebben munkabizottságot kellene alakítania.*

SERF EGYED okl. mérnök

Az előadó részletesen ismertette a mértékadó árvízi hozamok kérdését a műtárgyak szempontjából. *A kérdés azonban különös figyelmet érdemel árvédelmi rendszerünk biztonságának megjavítása szempontjából is.* Mióta a 3500 km hosszú árvízvédelmi töltésrendszer népgazdaságunk kezelésében van, Kormányzatunk elsőrendű kötelességének tartja, hogy a töltésrendszer hiányosságait megjavítsa. Ebben a vonatkozásban a mértékadó árvízszintek helyes meghatározása rendkívül fontos, mert a hatalmas töltésrendszerrel *néhány centiméter magasságkülönbség is milliókat jelent a földmunka költségében.* Az árvédelmi töltéseknél természetesen nem az árvízi hozam nagysága, hanem az árvízszint magassága mértékadó. Különösen áll ez a dunai védtöltések esetére, mert a Dunán mindig a jeges árvizek a veszélyesek, amelyek rendkívül magaságuk ellenére aránylag csekély vízzállításnak felelnek meg.



A Vízrajzi Intézet munkájában halaszthatatlan feladat a medernyilvántartási adatok tudományos feldolgozása, mert a vízmércezelvényekre korlátozott vizsgálatok nem adnak elegendő támpontot a jellemző vízszintek meghatározására. A vízállások és vízhozamok összefüggését a mederváltozások lényegesen befolyásolják. *Vízrajzi feljegyzéseink tudományos feldolgozását és az adatgyűjtés bővítését programmá fogjuk tenni, hogy ármentesítési munkálatainkat mezőgazdaságunk, közlekedésünk és közegészségügyünk javára a lehető leggazdaságosabban végezhessük el.*

KATONA ISTVÁN okl. mérnök]

A különféle valószínűséggel előforduló árvízhozamok számításához szükséges adatsorokkal szemben támasztott követelményekről szól. *A valószínűség-számítás módszerei csak homogén adatanyagra alkalmazhatók és a gyakorlati hidrológia legfőbb nehézségei éppen itt mutatkoznak.* Ilyen nehézségek már a mértékadó árvízszint régi és elavult módszer szerinti megállapításánál is felmerültek, főként a Tisza esetében. A folyó életébe történt radikális beavatkozások ugyanis (átvágások, az árvízi meder összeszorítása védtöltésekkel) arra vezettek, hogy szinte minden árvíz más és más körülmények között folyt le. (Medermélyülés, kanyarulatok vándorlása, gátszakadások, újabb öblözetek begátolása stb.). Mikor a matematikai statisztikai módszereknek a mértékadó árvízhozamok meghatározására való felhasználásáról van szó és ehhez az évi legnagyobb árvízhozamok homogén adatsorát kell előállítanunk, elsősorban a vízállások és vízhozamok összefüggését kell különböző időre megállapítanunk. Mindez a mérceáthelyezések és a mederváltozások megállapítását és figyelembevételét teszi szükségessé. Másodsorban, ettől függetlenül, a lefolyási viszonyokat és változásokat kell figyelembe venni. (Töltésezések hatása magas árvizeknél, töltésszakadások okozta vízhozamcsökkenés.) Sok esetben, főleg, a Tiszán, a fent felsorolt tényezők közül egyidejűleg többel kell számolni.

NÉMETH ENDRE műegy. ny. r. tanár

A felvetett kérdések közül különösen fontosak a biztonság gazdasági vonatkozásai. Vízimunkálatoknál a biztonságot nem lehet egy egyszerű szorzószámmal, biztonsági tényezővel figyelembe venni, hanem minden létesítmény esetében külön kell mérlegelni. *A biztonság kérdésének mindenestre nagyobb figyelmet kell szentelni, mint a multban.* Örömmel üdvözli a bizottság alakítására irányuló javaslatot és a Hidrológiai Társaság, ill. a Közlekedés- és Mélyépítés-tudományi Egyesület együttműködésének gondolatát.

Nagyobb kollektíva munkájára van szükség. Meg kell állapítani a különböző hidrológiai tényezők terület szerinti változásának jellemzésére alkalmas módokat. A Szovjetunióban nemcsak a biztonság figyelembevételére vonatkozó normák vannak összeállítva, hanem olyan tervezői segédletek is, amelyekből az egy-egy vízvidékre érvényes fajlagos vízhozam, lefolyási tényező stb., az egész birodalom bármely pontjára kivehető. Szovjet vízgazdálkodási szakértők bevezették a »vízgazdálkodási tényezőt« is, ezt a hidrológiai jellemzőt, amely igen alkalmas az egyes országrészek hidrológiai feladatainak szétválasztására. Ez nagy mértékben elősegíti a tájékozódást és megkönnyíti a nagyvonalú tervezést.

Magyarország földrajzi helyzetéből következik, hogy a vizek levonulásának olyan kivizsgálását, amilyenre a vízimunkálataink szempontjából szükségünk van, nem lehet elképzelni a *szomszédos baráti államok segítségével*. *Vízrendszerünk megosztottsága miatt igen fontos, hogy a nemzetközi együttműködést mielőbb megindítsuk.*

ÓCSVÁR REZSŐ okl. mérnök

A kivitelező mélyépítő mérnökök nevében csatlakozom az előadó megállapításaihoz és *Maurer Gyula* hozzászólásához. Eddigi gyakorlatomban sajnálatlaltal tapasztaltam, hogy az árvízi adatok gyakran csupán a »műszaki érzék« alapján voltak megállapítva. Ma már tudományosan megalapozott módszerek állanak rendelkezésre és kitűnő adatfeldolgozások is vannak, de kell, hogy az érdekeltek ezeket megismerhessék és valóban fel is használják. Az idevágó javaslatához csatlakozva helyesnek tartanám, ha a Közlekedés- és Mélyépítés-tudományi Egyesület a kérdésben érdekelt többi tudományos egyesülettel karöltve olyan munkabizottságot alakítana, amely *mindenekelőtt az ötéves tervek munkáira állapítaná meg a legszükségesebb hidrológiai adatokat*. A bizottságnak nem elvi alapon, hanem a súlyponti feladatok szempontjából kellene tehát foglalkozni a kérdéssel, hogy a tervezőknek előre megállapított árvízszint-adatok álljanak rendelkezésre munkájuknál. A mértékadó árvízszintet szovjet mintára külön kellene megállapítani a műtárgyak egészére és a kivitelezés részleteire is, mert ez gazdasági szempontból igen jelentős. *Ma még igen sokan idegenkednek a tervezési szabványoktól és normáktól. A Szovjetunió példája pedig azt mutatja, hogy ez az út igen jól járható.*

SZILÁGYI GYULA műegy. ny. r. tanár

*A valószínűség számítás hidrológiai alkalmazása bizonyos veszélyeket rejt magában, mert gépiesen alkalmazva, matematikai játékká lesz.* A statisztikai számításokat mindig *minőségi elemzéssel* kell összekötni, mert enélkül könnyen tévútra vezetnek. A hidrológiai adatok minőségi elemzése hatalmas munka, de nem szabad elhanyagolni, mert csak így juthatunk a kisebb vízfolyásokra is alkalmazható megállapításokhoz. Nem szabad megfeledkezni róla, hogy egyszer ezeknek a hasznosítása is előtérbe fog kerülni. A Szovjetunióban a módszeresen végrehajtott elemzések lehetővé teszik, hogy a *hidrológiai analógia* alapján olyan vízfolyások vízrajzi adataira is következtessenek, amelyekről semmiféle észlelés nem áll rendelkezésre. *A szovjet hidrológusok bizonyos jellemzőket állapítanak meg az egyes vízgyűjtőkre, ezeket térképen ábrázolják és így alapot teremtenek a hidrológiai hasonlóság elvének felhasználásához. Módszereiket tanulmányozni és a hazai viszonyokra alkalmazni kell.*

FILEP LAJOS okl. mérnök

A Közlekedés- és Postaügyi Minisztérium folyamszabályozó osztályán sikerrel kísérleteznek többnapos vízállás-előrejelzéssel. Természetes, hogy kisebb vízfolyásokon és ott, ahol a levonulási idő rövid, a csapadékviszonyok figyelembevétele is szükséges. Véleményem szerint Tiszalokra, a mederben tárolt víz idejében való lebecsátása érdekében, *a meteorológiai adatok figyelembevételével igen jó prognózisokat lehet készíteni.*

MOSONYI EMIL műegy. m. tanár

A szovjet szabályzatokban szereplő mértékadó terhelések és biztonsági tényezők megállapítása nem általános érvényű, hanem a létesítmény gazdasági hasznától és jelentőségétől függenek. *A gazdasági értékelés a szovjet szabályzatokban a műszaki gyakorlat minden ágában érvényesülő alapvető fel fogást tükröz.* A gazdasági jelentőségtől függően osztályoz a szabályzat a hidrológiában, hidraulikában, a gátak alatti szivárgás, talajtörés és egyéb kérdésekben. Pl. a prof. *Zamarin* vizsgálatainak felhasználásával készült szovjet szabályzat a gátak alatti szivárgással kapcsolatban a műveknek 4 osztályát különbözteti meg: a kisebb mű egy csoportba tartozik a nagyobb mű provizóriumával. Az osztályozás alapján állapítják meg a biztonsági együtthatókat és az alacsonyabbrendű műtárgyak esetén redukciót alkalmaznak.

*A duzzasztóművek szabad nyílásának nagysága szerkezeti kérdésekkel függ össze.* Ha magas a tábla, a nyílás-szélességnek kisebbnek kell lennie. Nagy nyílásban csak viszonylag alacsonyabb vasszerkezet alkalmazható. Függ a nyílás nagysága a kivitel egységes, vagy megosztott voltától. Ha a dunai nagy műtárgyaknál nem süllyesztőszekrénnel, hanem körülzárással alapoznánk, 3 körülzárásra lenne szükség, ami legalább 3 évig tartó alapozási munkát jelentene. A nyílásszélesség helyes megállapítása fontos, de nem szabad a kérdést önmagában vizsgálni, hanem kapcsolatba kell hozni az átfolyási szelvény magasságával, amely szorosan összefügg a küszöbmagasság megválasztásával és a nagyméretű táblák szerkezeti megoldásával. Különbséget kell tenni olyan duzzasztóművek között, amelyeknél a duzzasztás mértéke kicsi és a megengedett duzzasztási szint nem éri el a legmagasabb árvíz szintjét és olyan gátak között, amelyeknél a duzzasztás meghaladja a maximális árvízszintet. Az egyik típus a folyami duzzasztás jellegzetes esete, a másik közeledés a völgyzárógátakhoz. Az idevágó irodalomból látjuk, hogy *minél magasabb a relatív duzzasztás, annál kisebb nyílásszélességeket alkalmaznak*, és minél inkább közelednek az alacsony duzzasztáshoz, annál inkább lehet szó a szabad nyílás növeléséről.

A Konferencia értékes gondolatokat adott annak a *vízépítési tervezési szabályzatnak* a kidolgozásához, amelyen a Közlekedés- és Postaügyi Minisztérium az Építéstudományi Intézettel karöltve dolgozik. Javasolom, hogy a végleges szabályzat kidolgozásának bevétele nélkül *a jelenleg programmba tett nagyobb művekhez már most készüljön külön szabályzat.* Közben azonban változatlanul folyják a vízépítési tervezési szabályzat munkája és javasolja a Konferencia, hogy ennél a Konferencia eredményeit vegyék figyelembe.

LÁSZLÓFFY WOLDEMÁR válasza

1. Az előadásban felvetett hidrológiai kérdések *nagyrésze meteorológiai vonatkozású.* Öröndetes, hogy a Meteorológiai Intézet képviselője a magyar meteorológusok messzemenő megértését tolmácsolta a hidrometeorológiai kérdések iránt.

Mivel a hidrometeorológiai kutatásban földrajzi okokból a szomszédos baráti államok szakszerveinek támogatására szorulunk, *a Konferencia minden résztvevője örömteli megnyugvással vette tudomásul a külföldi vendégek részéről kinyilvánított segítő készséget.*

*Reméljük, hogy a hidrológusok és meteorológusok mind hazai, mind nemzetközi viszonylatban elhatározott szorosabb együttműködése rövidesen meghozza a gyümölcsseit a vízgazdálkodás számára.*

2. Több felszólaló utalt a mérnöki gyakorlat szempontjából fontos hidrológiai kérdések megoldásának szükségességére. Az építőmérnök azonban mindig csak a számára fontos hidrológiai kérdést látja és ennek azonnali megoldását várja. Ezeken a konkrét feladatokon túl *rendkívül fontos az általános jellegű hidrológiai kutatás, mert csak módszeres adatfeldolgozásból lehet általános törvényszerűségeket leszűrni és ezek teszik lehetővé, hogy a vízrajzilag nem tanulmányozott vízfolyásokról is tudjunk tájékoztató adatokat adni.* Amíg a Vízrajzi Intézet a közigazgatási gépezetbe illesztett hivatal, mindig csak a konkrét hidrológiai feladatok megoldására lesz munkaereje és költségfedezete. A nem közvetlen és azonnali hasznot jelentő »elvont« *kutatásra, az óriási tömegű adatfeldolgozásra a jelenlegi keretek között nincs idő, pénz és ember. A tudományos haladást csak e három tényező együttes biztosítása teszi lehetővé.*

# A FOLYÓCSATORNÁZÁSSAL KAPCSOLATOS HORDALÉKPROBLÉMÁK

BOGÁRDI JÁNOS  
műegyetemi m. tanár

A vízfolyások kialakulására döntő befolyással van a medernek, a mozgó víz hidraulikus elemeinek és a szállított hordaléknak egymáshoz való viszonya. A meder, a folyó hidraulikus elemei, valamint a hordalék közötti összefüggést célszerűen úgy tudjuk megvizsgálni, ha a felsoroltaknak egymásra gyakorolt kölcsönös hatását a vízfolyás valamilyen egyensúlyi állapotánál figyeljük meg.

A meder, a vízfolyás hidraulikus elemei és a hordalék közötti kapcsolatot különböző módokon lehet kifejezni. A legtöbb ilyen kapcsolatot magának a vízfolyásnak a külső jellege már készen, bizonyítással együtt megadja. Pl. ismeretes, hogy sebesfolyású, nagyésű folyók, vagy folyószakaszok hordaléka túlnyomórészt durva, lassú folyásnál, kis esésnél a hordalék finomszemű. Az is közismert, hogy a hordalék és a medret burkoló anyag között szoros összefüggés, hasonlóság van. És így tovább a vízfolyások külső megjelenési formái még számos egyéb hasonló kapcsolatot határoznak meg.

A könnyen felismerhető kapcsolatok közül azonban olyan összefüggéseket kell kiválasztanunk és megállapítanunk, amelyek a vízfolyások kialakulásánál lejátszódó jelenségeket a lehető legjobban határozzák meg.

Igen megfelelőnek mutatkozik ebből a szempontból *Lohtin V. orosz mérnök* mederállandósági tényezőjének az alkalmazása. Lohtin abból a feltevésből indult ki, hogy a vízfolyások medrének kialakulásánál a víz elragadó ereje és a meder falának, vagyis a medret burkoló anyagnak ellenállása állnak egymással szemben. Az elragadó erőt a fenéken nyugvó  $d$  átmérőjű hordalékszemre ható ütőerővel, a meder ellenállását pedig ennek a hordalékszemnek az elmozdítással szemben kifejtett ellenállásával mérve, *a mederállandóság egyenesen arányos a meder anyagát burkoló anyag átlagos szemátmérőjével és fordítva arányos az úgynevezett sebességmagassággal.*

Magyar viszonylatban a vízfolyások kialakulásának jellemzésére a felső dunai tanulmányainknál a  $\frac{d_g}{RI}$  arányt kíséreltük meg bevezetni.

Vizsgálataink azt bizonyítják, hogy ez az arány, vagyis a medret burkoló anyag átlagos szemátmérőjének a hidraulikus sugár és a vízszintes szorzatával való viszonya lenne a keresett kapcsolatok legmegfelelőbb kifejezője. A  $\frac{d_g}{RI}$

viszony alkalmazása a dunai vizsgálatoknál igen megfelelőnek bizonyult, mert a vízfolyások kialakulásánál az egyensúlyi állapot kifejezésénél valójában megadja a meder, a vízfolyás hidraulikus elemei és a hordalék egymásra gyakorolt hatását.

Példaképen a  $\frac{d_g}{RI}$  arány felhasználásával vizsgáljuk meg, hogy milyen

változást jelent a mederanyag összetételében a tiszalöki duzzasztómű megépítése. Itt közbevetőleg meg kell jegyeznünk, hogy Tiszabecstől Szegedig a Tisza medrét burkoló anyagból vett minták segítségével az egész folyóhosszra megállapítottuk a medret burkoló anyag  $d_g$  szemátmérőjét. Ugyancsak meghatároztuk a medernyilvántartási felvételekből az 1931/40. évtized középvízállásaihoz tartozó  $R$  hidraulikus sugarakat, valamint az ezeknél a középvízállásoknál kialakuló  $I$  vízszinteséseket is. Ily módon a Tiszalök körüli Tisza-szakaszra

is rendelkezésünkre állott a  $\frac{d_g}{RI}$  arány kiegyenlített értéke. Ez az érték Tisza-

löknél, ha a szemátmérőt mm-ben, a hidraulikus sugarat méterben, az esést pedig m/km-ben vesszük számításba, 1,70-nel egyenlő. A mederanyagvizsgálatok szerint a Tisza medrét burkoló anyag átlagos szemátmérője Tiszalöknél mintegy  $d_g = 0,3$  mm, a középvizeknek megfelelő esés  $I = 0,046$  m/km, a hidraulikus sugár pedig  $R = 3,85$  m. Ez a szemnagyság-, esés- és hidraulikus sugárérték — mivel a jelenlegi helyzetében egyensúlyban levőnek képzelhetjük a medernek, a mozgó víz hidraulikus elemeinek és a szállított hordaléknak

egymáshoz való viszonyát — természetesen kielégíti, a  $\frac{d_g}{RI}$  kapcsolatot. A tiszalöki

duzzasztó megépítése után az esés 0,015 m/km-re csökken, a hidraulikus sugár pedig 7,35 m-re növekszik meg. A megnövekedett hidraulikus sugárnak és a lecsökkent esésnek megfelelően új egyensúlyi helyzet kell, hogy kialakuljon, ami csak úgy lehetséges, hogy az átlagos szemnagyságban változásnak

kell beállnia. Az új egyensúlyi helyzetnél természetesen  $\frac{d_g}{RI}$  érték teljes szabab-

tossággal némiképpen eltérő értékű lesz a fentiekben meghatározott 1,70-hez képest. Az eltérés azonban csak kismértékű lehet és így nagyobb hiba elkövetése nélkül a parameter értékét az új egyensúlyi állapotnál is 1,70-ben vehet-

jük fel. Így számolva, mivel  $1,7 = \frac{d_g}{7,35 \cdot 0,015}$ , az új egyensúlyi helyzetnél a

medret burkoló anyag átlagos szemátmérője  $d_g = 1,70 \times 7,35 \times 0,015 = 0,19$  mm. Azt kaptuk tehát, hogy a duzzasztómű megépítése előtti 0,3 mm átlagos szemátmérő a csatornázás után kereken 1/3-dal kisebb lesz. A medret burkoló anyag átlagos szemátmérője azonban csak abban az esetben csökkenhet, ha feliszapolódás révén a szállított hordalék egy része feltölti a medret.

A  $\frac{d_g}{RI}$  parameter használata tehát megmutatja, hogy a tiszalöki duzzasztó megépítése után a duzzasztótérben feliszapolódásokkal kell számolnunk.

Ha az előző példánál a *Lohtin-féle mederállandósági tényezőt* kiszámítjuk, úgy nagyjából az előzőhöz hasonló eredményre jutunk. Legyen a mederfenéken nyugvó hordalékszem és a mederfenék közötti súrlódási tényező  $f$ , a hordalék fajsúlya  $\gamma_1 = 2,65$ , a víz fajsúlya kereken  $\gamma = 1$ , akkor a Lohtin-féle mederállandósági tényező

$$\frac{P_2}{P_1} = \frac{2f(\gamma_1 - \gamma)}{3\gamma} \left( \frac{d_g}{h} \right),$$

ahol a  $h = \frac{v^2}{2g}$ , vagyis egyenlő a sebességmagassággal.  $f$ ,  $\gamma_1$  és  $\gamma$  értékek

megfelelően alakul  $\left( \frac{d_g}{h} \right)$  hányados együtthatója. Az együttható azonban a mederállandósági tényező szempontjából érdektelen. Így  $f$  és  $\gamma_1$  értékek bizonyos felvételével elérhető, hogy  $\frac{d_g}{h}$  együtthatója az egységgel lesz egyenlő,

vagyis végeredményben  $\frac{P_2}{P_1} = \frac{d_g}{h}$ . Ha a Chezy-képlet sebességi együtthatóját  $c = 45$  értékkel vesszük fel, akkor a duzzasztómű megépítése előtt a vízsebesség  $v = 45 \sqrt{3,85 \cdot 0,000046} = 0,60$  m/sec, ill. a duzzasztómű megépítése után  $v_1 = 45 \sqrt{7,35 \cdot 0,000015} = 0,45$  m/sec. Mármost itt is feltételezhetjük, hogy a Lohtin-féle mederállandósági tényező a duzzasztás előtti és utáni állapotban közelítőleg azonos értékű, vagyis a

$$\frac{P_2}{P_1} = \frac{0,3}{\frac{0,60^2}{2 \cdot 9,81}} = 16,4$$

érték használható a duzzasztómű megépítése utáni egyensúlyi állapot kifejezésére is. Ez viszont azt jelenti, hogy a medret burkoló anyag szemátmérőjét a  $16,4 = \frac{d_g \cdot 19,62}{0,45^2}$  összefüggés állapítja meg. Eszerint  $d_g = 0,17$  mm, ami ugyanazt jelenti, amit az előzőkben a  $d_g/RI$  paraméter alkalmazásánál már részletesen kifejtettünk.

Bármelyik viszonyszámot is használjuk a vízfolyások kialakulásának a jellemzésére, nyilvánvaló, hogy minden olyan vízimunkálat, vagy más beavatkozás, amely a kérdéses viszonyszámot érinti, mederváltozásokat fog okozni. A mederváltozások alatt itt természetesen a legtágabb értelemben jelentkező változásokat értjük, vagyis a keresztmetszvény nagyságának és alakjának megváltoztatása mellett beleszámítjuk a mozgó víz hidraulikus tényezőiben, a szállított hordalékban, valamint a mederburkoló anyag összetételében bekövetkező változásokat is.

A folyók csatornázása is ilyen beavatkozásnak tekinthető, mert a beépített duzzasztóművek többé-kevésbé erőszakos módon megváltoztatják a folyó egyensúlyi állapotát azáltal, hogy a duzzasztógátak felett nagyobb vízmélységet és kisebb eséseket alakítanak ki. A csatornázással megszűnik tehát a hidraulikus elemek összhangja, ami változásokat, átalakulási folyamatot indít meg, hogy ezáltal a megváltozott körülményeknek megfelelő új egyensúlyi állapot kialakulhasson.

A fentiekből nyilvánvaló, hogy a folyócsatornázás a vízlefolyási viszonyok megváltoztatása mellett a folyó hordalékszállítását is nagymértékben meg fogja változtatni. A változások mind a duzzasztómű alatti, mind a felette levő folyószakaszra is kiterjednek. Gyakorlatilag mind felfelé, mind lefelé csak bizonyos szakaszon jelentkeznek számottevő változások.

Nyilvánvalóan más irányú változások keletkeznek a duzzasztómű feletti és ismét más a duzzasztómű alatti szakaszon.

*A duzzasztómű felett* a kisebb esés és sebesség következtében a szállított hordalék egy része leülepszik. *A duzzasztómű feletti szakaszon tehát feltöltődések várhatók*, amelyeknek mértéke és módja elsősorban a folyó által szállított hordalék mennyiségétől és milyenségétől függ. Általános megállapítás, hogy a víztározás szintje feletti völgyszakasz feltöltődésének következtében a felülről jövő hordalék tömege és szemnagysága idővel jelentős mértékben csökken, különösen, ha a hordalék durvaszemű és gyakori a maximális víztározás.

A feltöltődés szempontjából lényeges körülmény, hogy *medencés-*, vagy pedig *medertárolásról* van-e szó. Ha a tározótér és a vízhozam aránya igen nagy, mint pl. völgyzárógátáknál, akkor medencés víztárolásról, ha a tározótér a vízhozamhoz képest viszonylag kicsi, mint pl. síkvidéki folyószakaszokon épített duzzasztóműveknél, akkor medertárolásról beszélünk. Természetesen a feltöltődés módja és mérve más a medencés- és más a medertározás esetén.

*Medencés víztárolásnál* a felülről érkező hordaléknak csaknem a teljes része leülepszik a tározótérben. Ezzel szemben *medertározásnál* az árvíznél lebocsátott víztömegek az érkező hordalék igen jelentős részét tovább viszik a duzzasztó alatti szakaszra. Ennek ellenére a viszonylag kis tározótér következtében az évenkénti %-os feliszapolódás általában a medertározóknál a nagyobb.

Említettük már, hogy a gyakorlati tapasztalatok szerint tározás esetén a felülről érkező hordalék tömege idővel jelentős mértékben csökken. Ennek az a következménye, hogy a víztározás megindulásától számított első évekhez viszonyítva a későbbi időpontokban az évenkénti feltöltődés jelentős mértékben lecsökken.

A feltöltődés mérvének csökkenése természetesen a tározótér fenntartása szempontjából rendkívül fontos. A feltöltődések csökkenése összefügg azzal a körülménnyel is, hogy a vízfolyási viszonyokban beállott változások bizonyos idő alatt új egyensúlyi állapotot alakítanak ki, amelynél tehát a felülről érkező hordalékmennyiség teljes egészében átbocsátható a duzzasztóművön.



A víztározók feliszapolódásának módja leginkább a hordalék ülepedési sebességétől, vagyis a hordalék szemnagyságától függ. *A nagyobb szemű hordalék* aránylag gyorsan ülepszik és általában a folyók deltájához hasonló feltöltődéseket képez. Ezek a lerakódások területileg viszonylagosan kis kiterjedésűek és inkább magasak. *A finomszemű hordalék* a durvaszemű hordalékkal ellentétben a legalsó rétegben ülepszik le és a víztároló egész területére kiterjed.

*A duzzasztógát alatt* egészen más természetű változásokkal kell számolnunk, mint a duzzasztógát feletti szakaszon. A gát feletti hordalék lerakódásának következtében a duzzasztóművön át viszonylag tisztább, kevesebb hordalékot szállító víz jut az alsó szakaszra. Ezáltal a gát felett leülepedett hordalék mennyiség, a folyó hordalékszállító-képességéhez viszonyítva, a gát alatti szakaszon már hiányozni fog. Így a gát alatti szakaszon a hordalékától részben megszabadított víz fölös energiáját medrének mélyítésére fogja felhasználni, vagyis a mederanyagból azokat a finom szemnagyságtöredékeket, amelyek szállítóképeségének megfelelnek, kimossa és lefelé szállítja. *A duzzasztóművek alatti szakaszon tehát jellegzetes a meder kimélyülése.*

A folyócsatornázásnak a hordalékviszonyokra gyakorolt hatását a fentieknek megfelelően külön vizsgáljuk a duzzasztómű feletti és külön a duzzasztómű alatti szakaszon.

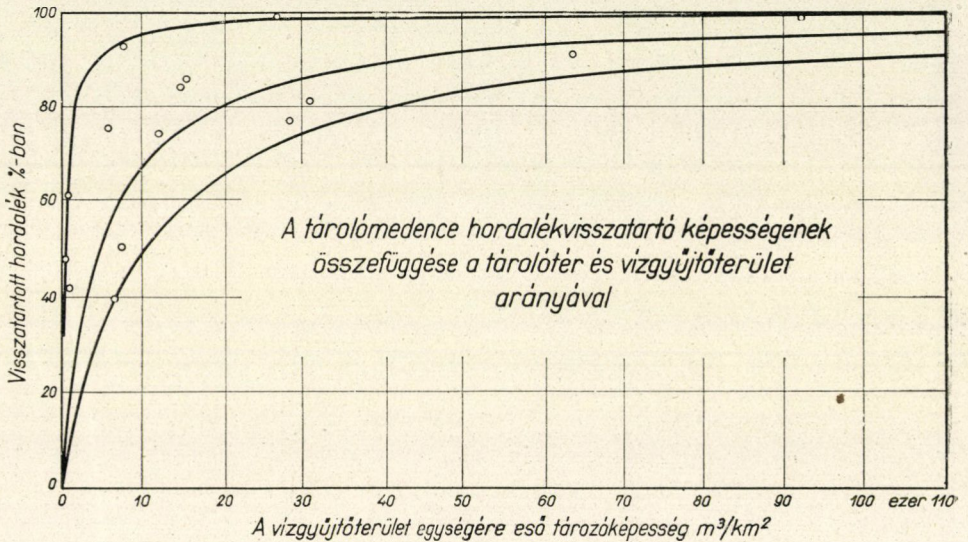
*A folyócsatornázásnál a duzzasztómű feletti feliszapolódásra* vonatkozóan, sajnos kevés olyan adattal, gyakorlati tapasztalattal rendelkezünk, amelyeket a magyar viszonyokra közvetlenül felhasználhatnánk. *A magyarországi folyócsatornázások mindentlalt,* csaknem kizárólag ú. n. *medertárolást* fognak jelenteni. A medertárolásnál, mint láttuk, a hordalék egy része a szabadon levonuló árvizekkel együtt szabadon lejut a duzzasztó alatti szakaszra. Így elég nehéz feladatot jelent a feltöltődés mérvének a megállapítása. Néhány gyakorlati tapasztalatot azonban fel lehet arra használni, hogy a várható feltöltődések nagyságát megközelítőleg előre megállapíthassuk.

Ilyen megfigyelés, hogy a duzzasztóműveken át általában csak a 0,02 mm-nél finomabb hordalékot lehet átbocsátani az alsó szakaszra. Igen jó segédesszöközt jelent a várható feliszapolódások mérvének a megállapításánál *Gottschalk grafikus összefüggése* (lásd az 1. ábrát), amely a vízgyűjtőterület egységére eső tárolótér függvényeként megadja, hogy az érkező hordalék hány %-a fog előreláthatólag a duzzasztótérben leülepedni.

Az említett tapasztalatok felhasználásával, segítségül véve a Tiszára mintegy 10 év alatt megállapított hordaléktörvényszerűségeket, *a Tisza folyócsatornázásánál az egyes vízlepcsők fölötti várható feltöltődéseket már sikerült közelebbről meghatározni. Az eredmények azt mutatják, hogy a tervezett Tisza csanázás jól átgondolt megoldás a Tisza folyó hordalékszállításával kapcsolatos kérdéseket illetően is. A várható feltöltődések ugyanis sehohsem lesznek olyan mérvűek, hogy azok a Tisza-csatornázással kapcsolatos vízgazdálkodási terveket*

lényegileg zavarnák, vagy azok hatását gazdaságilag lehetetlenné tennék. A Tisza csatornázásának lépcsőbeosztását vázlatosan a 2. ábra tünteti fel.

Túl messze vezetne, ha a Tisza-csatornázással kapcsolatos feltöltődések meghatározásának a menetét, akárcsak főbb vonásaiban is ismertetnénk. Így röviden csak azt említem meg, hogy a feliszapolódások számításánál az árvizek esetén minden duzzasztás nélkül szabadon levonuló hordaléktömegeket nem vettük figyelembe. Ezzel szemben a közepes vízmennyiségeknél kisebb víztömegekkel érkező hordalékmennyiség hatását teljes mértékben figyelembe vettük, vagyis ezt a hordalékmennyiséget a feltöltődés szempontjából a gya-

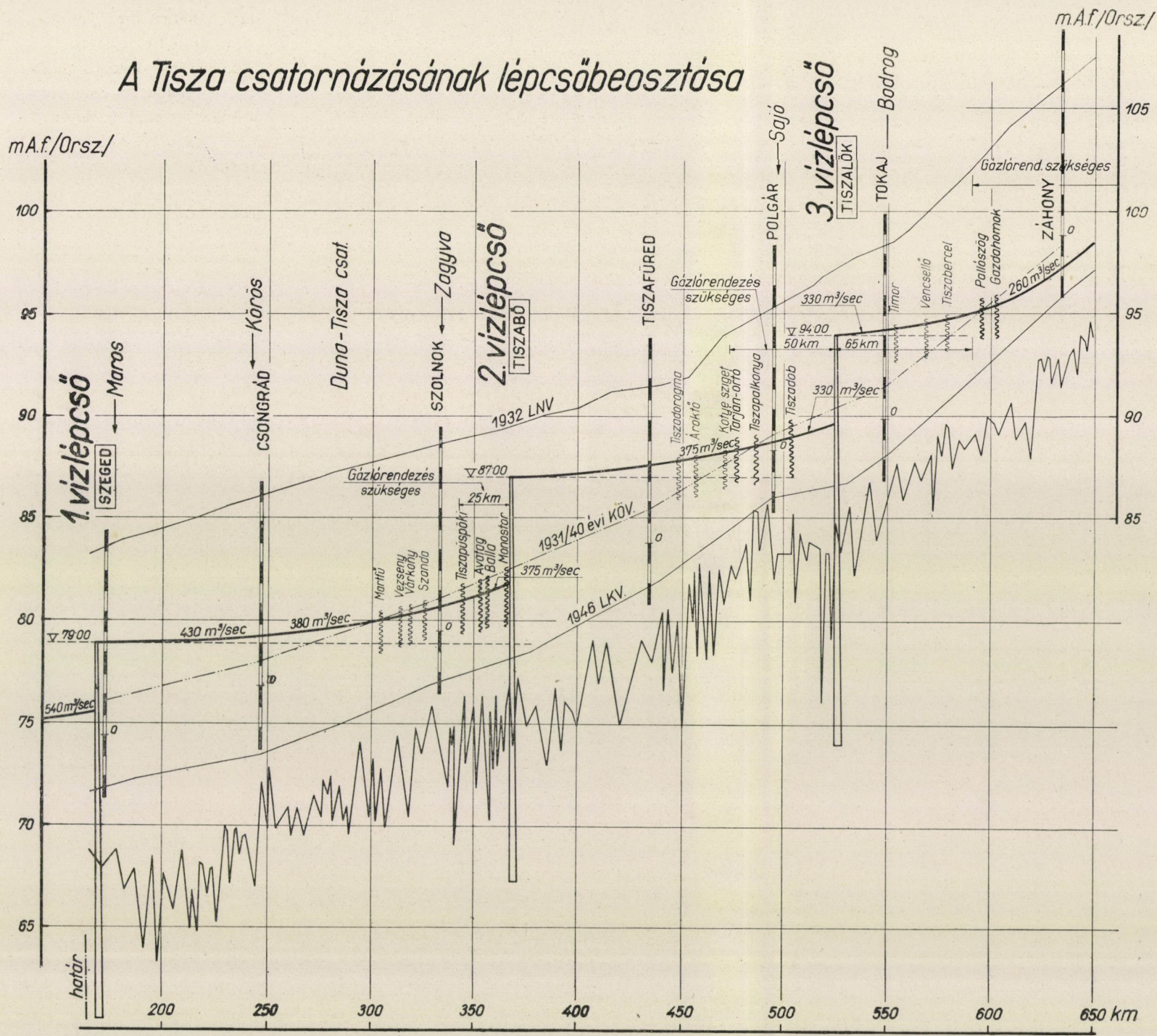


1. ábra

korlati tapasztalatoknak megfelelő módszerek alkalmazásánál teljes egészében mértékadónak tekintettük. Ezeknek a vízhozamoknak megfelelő vízszinteknél ugyanis a vízlépcsők tervezett maximális duzzasztása fennáll és így a duzzasztóművek hordalékviszatartása is teljes mértékben érvényesül. A maximális duzzasztási szinttől számítva pedig, a vízállások növekedésével arányosan csökkenő duzzasztási szinteknél a részben szabadon átbocsátható hordalékmennyiségekre való tekintettel a feliszapolódás szempontjából mértékadó hordalékmennyiségeket oly módon határoztuk meg, hogy lineáris változást tételeztünk fel.

A feliszapolódások meghatározásánál a folyó új egyensúlyi állapotának kialakulására biztonságból a megkívánt 20—30 év helyett 60 évet vettünk fel, vagyis feltételeztük, hogy a duzzasztó megépítésétől számított 60 év elteltével már kialakul a megváltozott vízfolyási viszonyoknak megfelelő új egyensúlyi állapot. Ez azt jelenti, hogy a bekövetkezett maximális feltöltődés 60 év

# A Tisza csatornázásának lépcsőbeosztása



2. ábra



után változtalan marad és azt további feltöltődések már nem fogják gyarapítani.

Végeredményben az eddig végzett számítások szerint Tiszalök felett kereken 450 000 m<sup>3</sup>, Tiszabő felett 790 000 m<sup>3</sup>, a szegedi duzzasztótérben pedig 640 000 m<sup>3</sup> feltöltődés várható évenként a duzzasztógátak megépítése utáni első években. Ezek a feltöltődések már az első évektől kezdődően fokozatosan csökkenni fognak oly módon, hogy 60 év múlva további feltöltődésre már nem kell számítanunk. *A feltöltődések következtében Tiszalöknél összesen a tározótér 9%-a (mintegy 13,5 millió m<sup>3</sup>), Tiszabőnél kereken 10% (24 millió m<sup>3</sup>) és végül Szegednél mintegy 7% (19 millió m<sup>3</sup>) fog a víztározás szempontjából elveszni.*

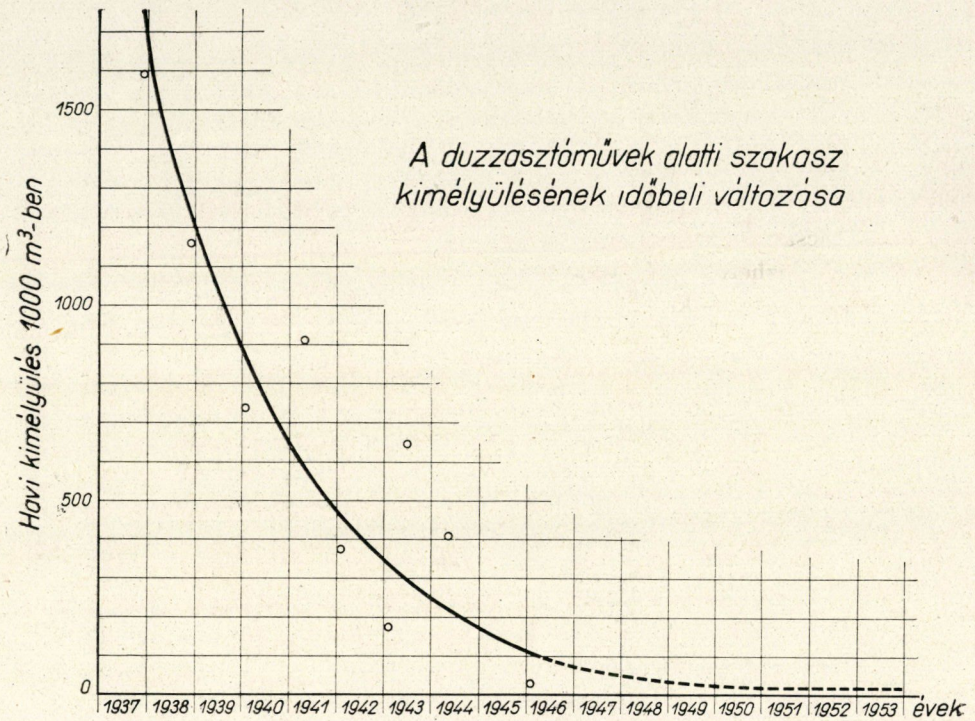
A fenti számok természetesen csak általános tájékoztatásra szolgálnak. A kérdés ugyanis annyira összetett, hogy pontos számítások elvégzése ma még nem lehetséges. Mégis úgy véljük, hogy ezek a tájékoztató jellegű megállapításaink igen jól megközelítik a valóságban majd tényleg bekövetkező feliszapolódásokat.

A Duna csatornázásánál a várható feliszapolódásokat illetően ezideig még tájékoztató adatokkal sem rendelkezünk. Az erre vonatkozó hordalék-méréseket csak 1949-ben kezdtük meg, illetőleg Nagymarosnál csak ebben az évben fogjuk megindítani. Nagyon merész dolog lenne a Duna csatornázásával kapcsolatos hordalékproblémákat illetően jóslásokba bocsátkozni. Mégis úgy véljük, hogy a Gönyű alatti dunaszakaszon, a hordalékviszonyokat tekintve, duzzasztógátak építése gyakorlatilag megvalósítható. Természetesen lehetséges, hogy még a Gönyű feletti szakaszon sem megoldhatatlan a duzzasztással kapcsolatos hordalékkérdés. Ezt azonban, véleményünk szerint csak igen alapos és kiterjedt vizsgálatok alapján lehet majd megállapítani.

*A duzzasztógátak alatti változásokra vonatkozóan már megállapítottuk, hogy a duzzasztótérben lerakódó hordaléknak megfelelően a tisztább, hordalékban szegényebb víz kimosásokat, kimélyüléseket fog előidézni. A gát feletti feltöltődő és a duzzasztómű alatti kimélyülő szakasz bizonyos összefüggést fog majd mutatni. Nyilvánvaló ugyanis, hogy a hordalék és a gát alatti mederanyag milyensége, valamint a duzzasztómű feletti leülepedett hordalék mennyisége szerint fog az alsó szakasz kimélyülni. A gát feletti szakaszon ugyanis a hordalék durvábbszemű része ülepszik le, így az alsó szakaszra a viszonylag finomabb hordalék kerül. A duzzasztómű alatti szakaszon a folyó a medert burkoló anyagból legelőször a legfinomabb anyagot emeli fel és hozza mozgásba és csak később, képessége szerint szállítja fokozatosan a durvább szemeket. Ez a körülmény arra utal, hogy a duzzasztómű megépítésétől kezdődően az eredeti állapothoz viszonyítva a gát alatt a meder anyaga állandóan durvább lesz, vagyis a meder anyagának átlagos szemátmérője fokozatosan növekedni fog.*

A kimélyülések, a tapasztalat szerint a gát zárását követő első hónapokban csupán közvetlenül a mű alatti mintegy 10—15 km-es szakaszon jelentkez-

nek. Itt a mélyülés kezdetben igen rohamos, úgy hogy méterrendű kimélyülések várhatók. Az erőteljes mélyülések idővel jelentős mértékben lecsökkennek, úgy, hogy az első 5 év eltelte után már lényegesen kisebbek a további kimosások, 10 év eltelte után pedig a kimélyülések gyakorlatilag meg is szűnnek. A duzzasztógátak alatti kimélyülések időbeli változásának vázlatát a 3. ábra tünteti fel. Természetesen különböző okokból a 3. ábra szerinti kimélyülési



3. ábra

görbe más és más lehet, de a kimélyülések fő jellegzetességei — az első években mutatkozó rohamos kimélyülés és azután a kimélyülések erőteljes csökkenése — feltehetőleg azonosak maradnak.

A mélyülések fokozatosan haladnak lefelé. Természetesen ha a duzzasztóművet a vízfolyás irányában lefelé haladva további vízlépcsők követik a folyón, akkor nyilvánvalóan a gát alatti kezdeti kimélyülések fokozatosan lefelé haladva elérkeznek egy olyan határhoz, ahol a már lejjebb fekvő duzzasztómű hatására feltöltődés indul meg. Így ez a két jelenség egymást ellensúlyozza, illetőleg kiegészíti. A mélyülések kiterjedésére, nagyságára vonatkozóan a rendelkezésre álló gyér tapasztalati adatok birtokában legtöbb esetben csak durva becslésekkel kell megelégednünk.

A gát alatti kimélyüléseket illetően a Tisza csatornázásánál valószínűnek látszik, hogy a tiszalöki vízlépcsőtől lefelé számítva mintegy 50—60 km, a tiszabői vízlépcsőtől lefelé számítva pedig mintegy 30—40 km-es szakaszon lesznek kimélyülések. A kimélyülések mérve teljesen bizonytalan. Valószínűnek látszik azonban, hogy különösen közvetlenül a duzzasztógátak alatt, méterrendű mélyülések is fognak jelentkezni. A Szeged alatti kimélyülések valószínűleg nagyobbak lesznek, mint a másik két vízlépcső alattiak és előreláthatólag csaknem a torkolatig fognak kiterjedni.

A Dunán építendő duzzasztóművek alatti szakaszon bekövetkező kimélyülések mérvére vonatkozóan ma még becslésszerű adatokat sem tudunk mondani. Ahhoz, hogy ezt a kérdést megközelítsük, részletesebben meg kell majd vizsgálni és kiértékelni a Duna hordalékszállítására vonatkozó mérési eredményeket.

A folyócsatornázással kapcsolatos hordalékproblémák megoldása minden esetben nélkülözhetlenné teszi kiterjedt hordalékmérések végrehajtását. A hordalékméréseknek ki kell terjedniök a tervezett vízlépcső feletti és alatti folyószakasz hordalékszállítására, a medert burkoló anyag összetételének megállapítására, valamint a mederváltozások időbeli és nagyságbeli megállapítására is.

Mint már az előzőkben említettük, a Tiszára vonatkozóan — kisebb-nagyobb megszakításoktól eltekintve — csaknem 10 éves, vagyis végeredményben hosszú időnyre kiterjedő mérési sorozatokkal rendelkezünk már. Ezek a mérések tették lehetővé, hogy a Tisza csatornázásával kapcsolatban ma már kétséget kizáró módon megállapíthattuk a hordalékviszonyokban bekövetkező változások milyenségét és mérvét. Az eredmények ebből a szempontból, mint láttuk, megnyugtatóak. A folyócsatornázás következtében várható átalakulások a vizsgálatok szerint nem érintik a Tisza csatornázásával kapcsolatban remélhető gazdasági eredményeket. Ez röviden annyit jelent, hogy a Tisza-csatornázásnak a tervek szerinti végrehajtása a Tisza folyó gazdasági kihasználására megfelelőnek mondható.

A dunai vízerőhasznosítások kérdéséhez elengedhetetlen a Duna hordalékmozgásának részletesebb feltárása. A mindössze két évvel ezelőtt megindított mérések tovább folytatandók, sőt a kérdések teljes kitisztázásához véleményünk szerint még az alábbi mérések, illetőleg tanulmányok elvégzése lesz szükséges.

1. Minden tervezett vízlépcső helyén, valamint a fölötte és alatta lévő szakaszon egy-egy állandó hordalékmérő állomás kijelölése és a méréseknek több éven keresztül való folytatása :

2. a csehszlovák vízügyi szervekkel kötendő megállapodás révén, a Vág, Garam és Ipoly folyókon legalább egy-egy keresztshelyen hordalékmérések végrehajtása ;

3. a tervezett vízlépcsők feletti és alatti szakaszokon a nyilvántartási szelvények közül néhány szelvény rendszeres felvétele ;

4. a békésszentandrás duzzasztómű felett a feliszapolódások megállapítása céljából nyilvántartási szelvények kijelölése és azoknak évenként legalább egyszer való felvétele, hogy ezáltal hazai adatokat is nyerhessünk a valóságban bekövetkező feliszapolódásokat illetően ;

5. a felsorolt mérések folytatása, illetőleg megismétlése a felmerülő szükségleteknek megfelelően a duzzasztóművek megépítése után.

Ezeknek a méréseknek a végrehajtása módot fog nyújtani arra, hogy roppant nagy beruházásokat igénylő folyócsatornázási munkálatainkat a folyók hordalékviszonyait illetően is a legmegfelelőbb módon tervezzük meg és hajtjuk végre.

A mérési eredmények kiértékelése során kiterjedt tanulmányokat kell majd folytatnunk, ahol a tudományos kutatásnak párosulnia kell a rögtön szembetűnő gyakorlati megfigyelésekkel. Minden erre fordított munka, fáradság és költség bizonytalansággal megtérül majd víziműveink kifogástalan és zavartalan működéséből származó óriási népgazdasági előnyök révén.

## HOZZÁSZÓLÁSOK

BOGÁRDI JÁNOS előadásához.

SZILÁGYI GYULA műegy. ny. r. tanár

A vízfolyásokban végbemenő hordalékmozgás jelenségének ismerete, habár ezzel a kérdéssel már számtalan kutató foglalkozott, csupán a minőségi jellemzés szempontjából tekinthető feltárt kérdésnek, míg mennyiségi elemzés tekintetében még ma is további tanulmányozásra vár. Ennek megállapítása után tűnik ki annak jelentősége, hogy az előadó megkísérelte kiszámítani és mennyiségileg jellemezni azt a határt, amelyet a Tisza csatornázása következtében a folyó medrének átalakulásában várhatunk. Ehhez a becslésszerű számításokhoz felhasználta a Szovjetunióban végzett kutatások eredményét : a *Lohtin* mérnök által bevezetett mederállandósági tényezőt és az ezzel összhangban álló hazai tanulmányok eredményét, amely a Felső Dunán végzett mérésekből és vizsgálatokból szűrődött le. A végzett számítás módszerét és egyszerűsítő feltételezéseit többféle szempontból lehet bírálat alá venni és amikor erre rámutatok, előre kívánom bocsátani, hogy ezt nem azzal az igénnyel teszem, mintha a mennyiségi elemzés tekintetében megfelelőbb eljárást tudnék végrehajtani, hanem észrevételeimet azzal a céllal teszem meg, hogy ennek az összetett problémának másirányú megvilágításával a további kutatások irányát a magam részéről is megjelöljem. Észrevételeimet röviden az alábbi pontokba foglalom :

1. A tiszai vízlépcsők hatásának vizsgálatát illetően a dunai vizsgálatoknál megfelelőnek bizonyult mederállandósági tényező tekintetében mindenestre fennáll az a különbség, hogy a Felső Dunán görgetett hordalékkal, ezzel szemben a *Tiszán görgetett és lebegtetett vegyes hordalékkal van dolgunk*. Tehát a mederállandósági tényezőt ebből a szempontból közelebbi vizsgálat alá kell vennünk és esetleg módosítanunk.



2. Tegyük fel, hogy a mederállandósági tényező formulája helyes és alkalmazható, de ezzel kapcsolatban megemlítem, hogy az előadott tanulmányban nincs közelebről meghatározva a vegyesszemű hordaléktömegnek számításba veendő mértékadó szemnagysága. A Budapesti Műszaki Egyetem vízépítési laboratóriuma erre nézve kísérletek alapján csaknem 20 évvel ezelőtt konkrét javaslatot tett, de az csak görgetett hordaléokra vonatkozik.

3. A mederállandósági tényező nevezőjében szereplő  $RI$  szorzat jellemzheti a hordalékmozgást és ezt — véleményem szerint — helyesen lehet alkalmazni a duzzasztás idején előálló állapotra vonatkozó számításokban; továbbá egyetértek a feltöltődés mértékének számítási módjával a duzzasztás időszakára, de — úgy vélem — *nem lehet feltételezni, hogy a duzzasztógát feletti szakaszon árvíz idején, amikor a mozgatható táblák felemelésével a duzzasztómű nyílásait szabaddá teszik, a víz nem sodorja ismét magával a duzzasztás idején leülepedett hordalék egy részét.* Erre nézve közelítő mennyiségi számítást úgy lehetne végezni, ha meg tudnánk állapítani, hogy a duzzasztásos időszak alatt előállott feltöltődési állapot mellett az árvíz elragadó ereje mennyi hordalékot képes magával vinni. *Ha erre képesek leszünk, az évenkénti feltöltődés mértékét a duzzasztásos és a duzzasztás nélküli helyzet tartóssága alapján számítani tudjuk.* El tudom képzelni, hogy ilyen számítással kiadódnék a feltöltődés mellett kialakuló egyensúlyi állapot ideje és nem lenne szükség olyan önkényes felvételre, amilyent a végzett számítás 60 év felvételével alkalmaz.

4. A gát feletti mederszakasz alakulására nézve vázolt számítás menete természetesen lényegesen befolyásolná a gát alatti meder kimélyülésére végezhető számításokat, illetve elképzeléseket is.

5. Dunai vízlépcső esetében a meder feltöltődésére, illetve kimélyülésére vonatkozó számítást — esetleg laboratóriumi kísérletekkel kapcsolatosan végzendő számítást — a megfelelő adatok beszerzése után egyszerűbben keresztülvihetőnek látom, mint a tiszai vízlépcsőkkel kapcsolatos mennyiségi elemzést, mert a Dunán görgetett hordalékkal van dolgunk, míg a Tiszán a fenékről megmozgatott hordalék jelentékeny része lebegtetett állapotban vitetik tovább, aminek mennyiségi elemzése bizonytalanabb, mint a görgetett hordaléké.

A fenti megjegyzések után hangsúlyozni kívánom az előadott tanulmány üttörő jellegét.

Az előadásban elhangzott javaslatokkal, amelyek a kérdés további tisztázása céljából a helyszíni mérések és tanulmányok kezdeményezéséről, illetve folytatásáról szólnak, egyetértek és azokhoz az alábbi kiegészítést fűzöm: a vízlépcsők feletti és alatti mederalakulatok tanulmányozása céljából meder-nyilvántartási szelvények vétessenek fel a Hernádon is a kesznyéteni vízerőműhöz tartozó felsőböcsi duzzasztómű feletti és alatti mederszakaszon.

PAPP FERENC egy. c. rk. tanár

*Bogárdi János* a hidrológia módszereivel fejtette ki, hogy a vízfolyások kialakulására a meder, a víz hidraulikai elemei és a szállított hordalék milyen döntő módon hatnak. — Legyen szabad e tényezők közül a meder és a hordalék képződésének geológiai és kőzettani vonatkozásaira rámutatva, egyrészt az általa előadottakat más szempontból is megvilágítani, másrészt néhány olyan kutatási eljárást javasolni, mely a folyócsatornázás és erőművek tervezésének kidolgozását elősegíti.

*A vízfolyások iránya és a meder szelvénye* nem a véletlen, hanem *geológiai folyamatok eredménye.*

A Tisza esetében nehezen ismerhetők fel a kéregmozgásoknak a meder irányát megszabó hatásai, de mivel kis erek, patakok esetében igen sok helyen kimutatható a törések és gyűrődések iránytszabó hatása, a Tisza esetében sem lehet ez kétséges, csupán jelentékeny vastagságú hordalék fedi-rejti az eredeti szerkezetet. — *A hordalék szerepének, képződésének tisztázása* érdekében utalni kell arra a közismert tényre, hogy az *függ a vízgyűjtőterület és a meder kőzetföldtani felépítésétől.* Amennyiben a vízgyűjtőterület teljesen tömött, összeálló, oldhatatlan, vagy igen kevésbé oldódó kőzetekből, pl. tömött eruptív kőzetekből állna, úgy nem keletkeznék hordalék, ha viszont teljesen laza üledékek lennének ott, akkor igen sok hordalék jutna a mederbe. A valóság a két végtel között van. Még a teljesen tömött, összeálló, nehezen, vagy nem oldódó kőzetek felületén is keletkezik leváló-elváló törmelék, mely a folyókba jutva a hordalék anyagát adja és a teljesen laza üledékeket is a legtöbb helyen, ha más nem, a nedvesség, még jobban a karbonátos anyag itatja át: fékezi, kissé összetartja.

A meder kőzetanyaga látszólag nem játszik fontos szerepet a hordalék-kérdéseknél, egyes kivételektől eltekintve, ahol a meder szikla és nem fedi semmi; a legtöbb helyen laza alluviális üledékek bélelik és magából a meder kőzeteiből nem jut a hordalék közé törmelék. Ez azonban nem áll fenn. A meder kőzetei közvetlenül és közvetve hatnak, szerepet játszanak a törmelék anyagában. Közvetlenül amennyiben a hordalék maga vonz, kitép a meder kőzetei közül darabokat, közvetve pedig fékezi, ill. sietteti a hordalék tovavonulását. Amit a vízgyűjtőre és a mederre vonatkozólag eddig rögzítettünk, az tisztán kőzettani észrevétel volt, határozottan van azonban tágabb értelemben vett geológiai vonatkozása is a kérdésnek, nevezetesen az, hogy *a kőzetek települése a rétegek helyzete, dőlésiránya, hajlásszöge,* továbbá nem utolsó sorban *az élőszervezetek, beleértve az emberi tevékenységet is, befolyásolják a hordalék mennyiségét és milyenségét.* Vegyük a vízgyűjtőterületet tekintetbe. E kérdést vizsgálva, indokolt élesen különválasztani az összefüggő kőzeteket a laza üledékektől.

1. Az összefüggő, tömött kőzeteknél sem a vízszintes, sem a függőleges helyzetű rétegek nem szolgáltatóknak számottevő hordalékanyagot. A kőzetek kohéziójának, súrlódási együtthatójának megfelelően 30—45° alatt viszont elég sok leválik. *Az antiklinális szerkezet a legkedvezőlenebb, azaz ebben az esetben válik le a legtöbb hordalék.* Az így levált kőtörmelékből lesz a kavics, ebből homok, iszap-lebegő, görgő hordalék.

2. Amennyiben laza üledékek találhatóak a felszínen, úgy a függőleges — valójában vízszintes rétegezett — *falakba málló löszből sok, finom rész válik le.* A vulkánikus tufák az agyag és iszap lejtőknél a rétegek dőlési iránya itt is igen fontos; — *a szinklinális szerkezetnél több anyag válik le a lejtőkről ugyanolyan csapadék mellett, mint az antiklinális helyzetű rétegekből.* Közismert tényező: élő szervezetek, elsősorban a növényzet szerepe a hordalék mennyiségére. A kopárok és a helytelen irányú földeket művelő mezőgazdálkodás e tekintetben ugyanúgy érezteti hatását, mint ennek ellenkezője.

Ezekután legyen szabad konkrét módon is röviden utalni arra, hogy épp az előadó hordalék-tanulmányai érdekében a Műszaki Egyetem Ásvány és Földtani Tanszékének munkaközössége (*Pojják Tibor, Horváth József, Penkala Tibor* s magam) végzett megfigyeléseket. Hangsúlyozni kell azonban, hogy előzetesen *Takáts Tibor* a Dunán, *Miháltz István* a Tiszán hasonló vizsgálataik-

kal, ha talán nem is egyformán, de ugyanazt akarták. A már lerakódott üledékre vonatkozólag kezdeményező vizsgálatokat 1906-ban *Vendl Aladár* végzett. Igen eredeti, nagyjelentőségű *Szádeczky Elemér* különösen a görgetett hordaléokra vonatkozó alapvető kavicsmonográfiája is.

*Bogárdinak* az a megállapítása, hogy a *Tisza nem fogja zavarólag feltölteni a tározóteret*, ismerve az előadó és munkatársainak tervszerű, pontos munkáját, elfogadható, de — és itt egy lényeges körülményre kell ez alkalommal gondolni — ez csak normális, tehát *nem szélsőséges évsorozatok és normális összehangolt vízgazdálkodás esetében* lesz így. Az említett két tényező közül az időjárást befolyásolni nem igen áll módunkban, de igenis gondolnunk kell arra, hogy a Tisza esetében a román, a Duna esetében a *csehszlovák és az osztrák szaktársainkkal teljes egyetértésben állapítsuk meg a vízgyűjtőterületek vízgazdálkodási terveit, a kopárok rendezését, a vízmosások megkötéseit*. Ha ugyanis e tekintetben nem történnék egységes intézkedés, előfordulhat az, hogy még's zavaró jelenségek mutatkoznak majd a tárolótéren.

Ami a Duna hordalékmozgását illeti, itt különösen a görgetett kavics-törmelék mennyiségének csökkenése az, amiről több helyen szó esik. Ennek az oka minden bizonnyal az, hogy a csehszlovák szaktársak igen gondosan fásítanak, a vízmosásokat rendezik, szóval példásan járnak el és így egyre kevesebb törmelék jut le a Garam, a Vág, Nyitra stb. folyók révén a Dunába.

*Bogárdi János* javaslatai igen helyesek, de kívánatos lenne:

1. Idén és a következő nyáron a tervezett vízlépcsők helyén s fölötté és alatta, a meder alluviális rétegeit és amennyire lehetséges, a közvetlen fekü kőzetét, annak helyzetét fúrásokkal megállapítani. Ezt a felvételt esetleg egy-méternök és szigorló geológus irányítása mellett honvéd utászaink végezhetnék, ill. ha ez nem kivihető, az arra illetékes szerv és vállalat.

2. A következő 5 éves tervben folyamatosan fontossági rendben más folyószakaszok medre is vétessék fel geológiai szempontból.

3. A folyók lebegő hordaléka vizsgáltassék továbbra is azokon a helyeken, ahol eddig, Budapesten és Szegeden, továbbá bekapcsolandó lenne még Sopron, Debrecen, Miskolc egyetemi Földtani Tanszéke is, de úgy, hogy az eddigi tapasztalatok alapján egységes eljárás dolgoztassék ki és a vizsgálatok folyamatosan végeztessenek. Az eredmények a VITI, ill. az Akadémiai Hidrológiai Kutató Intézettel is mindenkor közöltessenek.

4. Bízassék meg kifejezetten *Bogárdi János* és *Takáts Tibor*, hogy e kérdés hazai és külföldi eredményeit nyilvántartsák és a laboratóriumi vizsgálatoknál érvényesítsék erre vonatkozó tapasztalataikat. Külföldi kutatók közül pl. *Poljakov*, *Velikanov*, *Lévy* és *Corruens* vizsgálatait kell tekintetbe venni.

5. A Műszaki Egyetem I. sz. Vízépítéstani, valamint Geológiai tanszéke kéressék fel, hogy minden évben 2—3 hallgatóból és 1—1 segéderőből alakított komplexbrigáddal tanulmányoztassa a folyók hordalékmozgásának törvényszerűségét és e tanulmányaikról legkésőbb a II. félévet követő őszi hónapok egyikén számoljanak be a Hidrológiai Társaság egyik szakgyűlésén. A legközelebbi ilyen beszámoló — feltéve, hogy a javaslatot elfogadják — 1952 őszén lenne.

6. Kívánatos lenne a román és a csehszlovák szaktársakkal külön-külön megvizsgálni az ott folyó nagyszabású vízgazdálkodási terveket, hogy azok kihatása a mi erőműveink tervezésénél tekintetbe jöhessenek.

7. Az eredeti hordalék-tanulmányokat akadémiai kiadványban, a kisebb jelentőségűeket pedig a Hidrológiai Közlönyben kellene kiadni.

KÁROLYI ZOLTÁN okl. mérnök

Az elhangzott értékes előadást szeretném folyami duzzasztóművek duzzasztóterének részletes tanulmányozása alapján szerzett adatokkal kiegészíteni.

A folyami duzzasztóműveket a hordaléklerakodások szempontjából meg kell különböztetni aszerint, hogy az üzemi duzzasztás szintje az árvízszint fölé ér-e, vagy sem. *Az árvízszintet el nem érő duzzasztás esetében* ugyanis nagyvízkor a mű építése előtti állapot áll vissza és *a víz a lerakódásokat igyekszik eltávolítani. Minél jobban megközelíti az üzemi duzzasztási magasság az árvízszintet, annál ritkább a szabad vízátbocsátás és természetsszerűleg annál nagyobb mérvű a lerakódás.*

Ha a duzzasztótérben lerakodott anyagot és annak mennyiségét közelebbről megvizsgáljuk, élesen meg kell különböztetnünk a fenéken görgetett homokot vagy kavicsot a lebegtetve szállított iszaptól. (A lebegtetett hordalék lerakódása homok is lehet, de a rövideg kedvéért az iszap szót használom.) A kétféle hordalék által okozott lerakódás jelenségei lényegbe vágó különbségeket mutatnak. Nagy különbség van mindenekelőtt a mennyiségben.

A Dunán eddig egyetlen duzzasztómű épült, a Kachlet-mű. Ennek a duzzasztóterében — amely legalább némileg alkalmas az összehasonlításra — 20 év alatt kerekén 5 millió m<sup>3</sup> iszap és 500 000 m<sup>3</sup> görgetett kavics lerakódását állapították meg.

*A kavics és az iszap a duzzasztótér más és más részében különböző módon rakódik le.* A duzzasztási határ közelében megáll a felülről görgetve érkező hordalék egy része. A másik, gyakran nagyobbik része, lefelé növekvő zátonyként egyenletes magasságban tölti fel a medret. A zátony alsó része meredek lépcsőben végződik, amely folyamatosan húzódik lejjebb és lejjebb. A lebegtetett hordalékból származó iszap a duzzasztótérben mindenhol, de legvastagabb rétegekben mégis annak alsó részén, valamint az elszélesedett és túlmély helyeken rakódik le. Vizsgálataim azt mutatják, hogy éppen úgy, mint a folyó más szakaszain, a duzzasztótérben is kialakul az a szelvény, amelyre az érkező vízmennyiség levezetéséhez a folyónak éppen szüksége van. Ha tehát bizonyos vízállásoknál valamely helyen több iszap rakódik le és ezzel a szelvényterület a szükséges mérték alá csökken, a legközelebbi nagyvíz a lerakódás egy részét elviszi és a szükséges szelvényt visszaállítja. *Vagyis ha csupán az iszaplerakódást vizsgáljuk, valóban nagyon rövid idő alatt kimutatható a lerakódó mennyiség csökkenése és az egyensúlyi állapot bekövetkezésének jelei ismerhetők fel.*

Mi történik azonban a görgetett hordalékkal? A fenéken *görgetett hordalék folytonosan és meglehetősen állandó* — bár a lebegtetett hordaléknál lényegesen kisebb — *tömegben érkezik felülről* és legnagyobb részben a duzzasztótérben rakódik le. A görgetett hordalék nehezen jut el a duzzasztóműig, mivel általában már jóval fölötte lerakódik. Minthogy a víz a durvább anyagot sokkal nehezebben ragadja el, mint a finom iszapot, *a görgetett hordalék fokozatosan elfoglalja az iszap helyét.* Ez a folyamat a duzzasztótér egyszerű felmérésével már nehezen állapítható meg, mert a lerakódott durvább anyag mennyiségének megfelelő finomabb szemszerkezetű anyagot az áradások elmosás, hogy a szükséges szelvény visszaálljon. Tehát bár *a duzzasztótér feltöltődésének folyamata megállapodottnak látszik, a valóságban mégis tovább folyik* és ha az iszapkiszorítás — esetleg több 100 év múlva — már megtörtént, akkor a feltöltődés újra gyorsabb üteművé válhat. Abból pedig, hogy a görgetett anyagot nehezebben mozgatja meg a víz, az is következik, hogy ott, ahol durvább anyagból álló tömör zátonyok keletkeztek, azokat egy átlagosnál nagyobb, rendkívüli

árvíz sem tudja hirtelen elvinni, ezért a vízszint megduzzad és az árvízszint felemelkedése következik be.

Az elmondottakból az szűrhető le, hogy a duzzasztótér feltöltődése szempontjából a kisebb mennyiségű görgetett hordalék a veszedelmesebb, azért a duzzasztó tervezésekor a görgetett hordalékmennyiségek megállapítására és a nagyvizek által való továbbszállítás kikutatására nagy gondot kell fordítani. Különösen fontos ez magyar vonatkozásban, mert az alföldi lapos, kisesésű területeken az árvízszint emelkedése sokkal komolyabb következményekkel járhat, mint másutt.

FRANTISEK GROSSMANN okl. mérnök (Csehszlovák Építésügyi Minisztérium, Prága)

Az elhangzott előadással kapcsolatosan néhány gyakorlati példát szeretne elmondani. A magyar kartársak igen komolyan foglalkoznak ezzel a nehéz problémával. Csehszlovákiában tulajdonképpen ugyanezeknek a folyóknak a felső szakaszaival foglalkoznak. Csehszlovákiában a vízgazdasági viszonyok különbözőek nyugaton és keleten. Az ország nyugati részén általában megállapodott, konszolidált vízügyi viszonyok vannak, különösebb kilengések nélkül. Ennek ellenére gyakran kellett foglalkozni a duzzasztott terek feltöltési fokának kérdésével. A duzzasztók és gátak egész sorozata akkor épült, amikor még nem voltak meg a feltételek ezeknek a kérdéseknek pontos módszertani kiszámítására. A várható iszap és kavics-hordalékokat közvetlenül mérték és különbséget kellett tenni, hogy a hordalék a szóbanforgó folyamból, vagy a szomszédos gyorsfolyású folyamokból ered-e. A hordalékmérések módjai nem alkalmazhatók egyformán a kis- és nagyeseű folyóknál. Közvetlen számítások és bizonyos feltételezések alapján arra a megállapításra jutottak, hogy a hordalék nem fogja feltölteni a számításaik alapján feltételezett duzzasztótereket. Annak az okát is keresték, hogy mi okozza a hordalékmozgást. Elsősorban igyekeztek gátak építésével, erdősítéssel kiküszöbölni a hordalékot, amelyet a gyors lefolyású hegyifolyók és patakok hoznak. Ma, tíz év távlatából megállapíthatják, hogy a feltételezett értékeket nem lépték túl. Idén pl. felmértek egy tárolót, amely már több, mint húsz éve működik. Megállapították, hogy a duzzasztó területének feltöltődése távolról sem éri el azt a fokot, amelyre számítottak. Ezt azzal magyarázzák, hogy a hegyi folyók és a szóbanforgó folyam medrének konszolidálódásával a hordalékot a legkisebb mértékűre tudták lecsökkenteni. Most nagyobb feladatok előtt állnak. Igen erősen kavicsos hordalékú folyamon Sziléziában talajvédő gátat kellett építeni. A folyamon méréseket végeztek a hordalék mozgására és a méréseket összehasonlították egymással matematikai kapcsolatok alapján. Ennél az összevetésnél nem jutottak egységes eredményhez. Mielőtt hozzálátnak a gát építéséhez, amely az ipar szempontjából igen fontos, messzemenő víz- osáskötési és fásítási munkálatokat fognak végezni. Remélik, hogy ennek a gátnak létesítése lehetővé teszi a vízhozam kiegyenlítését a duzzasztómű alatt.

Ami a folyó-csatornázásokat illeti, Csehszlovákiában egész sor folyót csatornáztak mozgógátas duzzasztókkal. Megállapították, hogy a folyamok vízviszonyai eléggé gyorsan egyensúlyba jutottak; nem is került sor túlságos kimélyülésekre a duzzasztó alatt és erősen csökkent a hordalékképződés a folyam medrében. Ez az eredmény azonban nem minden szempontból öröndetes, mert éppen ezek a folyók igen értékes építőanyagot hoztak magukkal. Tapasztalataik szerint a folyó kimélyítésére ott kerül sor, ahol csak szórványo-

san vannak duzzasztók. A hordalék és lerakódások képződése sokkal fontosabb az olyan folyómedrekben, amelyeknek csak a konszolidálására törekszenek, de nem építenek vízlépcsőket s így nem létesítenek duzzasztási tárolótérfogatot. Igen érzékenyen reagál a vízfolyás esésének, a meder mélységének és a duzzasztómű magasságának viszonyában beállt változásokra a hordalék-kép. Iskolapélda erre az egyik folyó, amelyet kb. 50 évvel ezelőtt szabályoztak. A folyónak két ága van, ezek közül az egyik rendben van, csak kis karbantartási költséget kell ráfordítani, a másik ág nagy gondokat okoz, mindig nagyobb összegeket kell felhasználni rendbentartására. A két folyóág viszonyai, feltételei csaknem egészen egyformák, alig különböznek egymástól. Ennek a kérdésnek tanulmányozásával részletesen fognak foglalkozni, amint idejük engedi. A hordalék mozgásának és képződésének tanulmányozása azért nehéz, mert az egyik folyónál tapasztalt konkrétumok nem érvényesek vagy csak nehezen alkalmazhatók egy másik folyam esetében. A prágai Vízgazdálkodási Intézet is foglalkozik ezzel a kérdéssel. Egy nagyvessű, durva hordalékú folyón és egy kis esésű, finom hordalékú folyón tanulmányozza a problémát. A Vág folyó lépcsőinél nincs különösebb nehézség, mert a folyó végig kavicsos hordalékú, inkább a csatornatorkolat okoz problémát, amelyet finom hordalék lep el. Ezzel a jelenséggel az Elba csatornáinál is találkozunk és ebben az esetben az a lényeges, hogy hogyan helyezték el a csatornákat. Legnehezebb probléma — amit reméli, együttesen fognak megoldani a magyar szakértőkkel — a Duna kérdése. A Duna esésének hirtelen törése Bratislava alatt nagy hordalékmenyiség szállítását okozza, amint az ismeretes. A helyzet nálunk azért nehezebb, mert ott a hordalék állandóan mozgásban van. A bratislavai hordalékmenyiségekre vonatkozó becslések nagyon eltérőek egymástól (350 000—800 000 m<sup>3</sup>). A valóságnak úgylátszik leginkább a 600 000 m<sup>3</sup> felel meg. Arra lehet számítani, hogy ebből a mennyiségből hozzávetőleg 150.000 m<sup>3</sup>-t engednek lejjebb árvízkor, a többletet a folyómederből el kell távolítani. A feladat nehéz lesz, de meg van győződve arról, hogy megtalálják a megoldást. A dunai hordalék igen értékes építőanyag. Idő kell még hozzá, hogy közvetlen mérésekkel, amelyeket már megkezdtek, megállapítsák a hordalék mennyiségét, amely a bratislavai szakaszon van. Örül, hogy a magyar szakértők munkája is lényegesen hozzájárul majd ennek a kérdésnek a megoldásához.

MAURER GYULA okl. mérnök

Csatlakozom *Szilágyi Gyula* és *Károlyi Zoltán* észrevételéhez, hogy az átlagos hordalékszemcse helyett helyes volna a szélsőséges hordalékszemcsék vizsgálatát is bevezetni. A kérdés lényeges, mert nálunk nem egész évi duzzasztásról van szó, hanem időnként kinyitják a gátat. A finomabb hordalék a duzzasztóműhöz közelebb rakodik le. Árvízkor és kinyitáskor maródásszerű hordalékkimosás fog keletkezni, tehát közvetlenül a gát felett nagyobb kimosás keletkezik és ez lassan maródik felfelé, de nem éri el a közepét sem a feltöltött résznek, amikor már újra lezárjuk a gátat, ezért mindig a durva hordalék fog fennmaradni és a finomat mossa el a folyó. Kérdés, vajjon ez a kimarodás egyenesvonalú lesz-e és nem kanyargó lesz-e a kimosás, amely zátonyosodásra vezet? A duzzasztómű alatti szakaszon kimosások keletkeznek, nagyvízkor a kimosódó anyag lerakodik a kimosásokban, következő duzzasztáskor megindulnak a mélyülések. Vajjon nem fejlődnek-e ki olyan kimosások, amelyekre nem gondoltunk? Az átmetszés, Tiszalókkal kapcsolatban, víz alól kotort része

2 millió m<sup>3</sup>. Olyan kotrószivattyúkkal fogunk dolgozni, amelyekkel a kitermelt anyagot visszaadjuk a vízfolyásba. Egy része a kanyarban leülepedik, a finomabbat pedig a folyó továbbviszi. Ez azonban nehezen számítható, érzésekre vagyunk utalva és kérdés, nem fogunk-e a gát alatti szakaszokon káros hatást előidézni. A tiszántúli öntöző főcsatorna feliszapolódásával kapcsolatban helyesen tartanám, hogy miután konkrét vízmennyiséget veszünk ki, feltétlenül úgy kell megtervezni, hogy a vízsebesség állandó legyen, tehát hirtelen szűkítést kell alkalmazni, mert különben feliszapolódás történik. A dunai hordalék mozgásával kapcsolatban cseh kartársunk is rámutatott arra, hogy a hordalékot igen jól fel lehet használni. A betonkavics termelésével kapcsolatban pedig felvetődik, hogy milyen változásokat hoz létre a Duna csatornázása, nem fog-e megszűnni az eddigi kavicstermelő hely, vagy új helyek alakulnak-e ki. Helyes volna, ha a vízrajzi szolgálat a medernyilvántartásoknál nemcsak a mederszelvény-méreteket, hanem a meder anyagát is nyilvántartaná és megállapítaná, nem cserélődik-e ki fokozatosan a meder anyaga. A 9—10%-os töltődést megnyugtatónak tartom.

FINÁLY LAJOS okl. mérnök

A hordalékvizsgálatok kérdése jelentős a vízellátással és a vízkivételi művekkel kapcsolatban is. Ötéves tervünk számos olyan ipari és városi vízellátást irányzott elő, amelyeknél a talajvízzel szemben a folyóvizekre támaszkodunk. Meg kell oldani a víz tisztítását, amely a vizet ivásra felhasználhatóvá teszi. Az ülepítő berendezés tervezésénél nagy probléma, hogy az alapadatok hiányosak, amit hordalékvizsgálat pótolna. A vízkivételi kérdés éppen a kisebb folyókkal kapcsolatban rejt magában sok nehézséget a hiányos adatok miatt. Kisebb folyók vízjárását is fontos megismerni és fontos ismerni a vízkincset, amelyet szolgáltatni tudnak az új városok és ipari települések számára. A hordalékvizsgálat a szennyvíz szempontjából is lényeges. A szennyvíztisztítást csak addig a fokig hajtsák végre, amennyire az szükséges, ehhez azonban ismerni kell a folyóvíz minőségét, teherbírását. Azt javaslom, hogy a vízerőművek létesítésével kapcsolatos vízrajzi vizsgálatoknál az adatokat úgy vegyék fel, hogy azok kisebb folyókra is terjedjenek ki és a vízellátási szempontokra vonatkozólag is szolgáltatassanak adatokat. A Duna kavicsstartalmának megváltozásával kapcsolatban felhívom a figyelmet arra, hogy annak nemcsak mennyisége, hanem minősége is megváltozhat és nem mindegy, hogy a közismert és szabványnak elfogadott dunakavics minősége idővel esetleg úgy megváltozik, hogy nem lehet ugyanúgy felhasználni és a beton szilárdságát ugyanúgy elérni vele.

SERF EGYED okl. mérnök

Árvédelmi szempontból nyugtalanít, hogy a feltöltődések, melyek a medertérfogat csökkenését okozzák, vízemésztés szempontjából éppen a legfontosabb részen, a középvízi mederben következnek be. Ismeretes, hogy az anyameder emésztése általában több, mint kétszerese a hullámtér emésztésének és ezért az anyameder keresztzelvény csökkentésére, a lefolyási vízszint emelkedéssel reagál.

Nagyon fontosnak tartom, hogy a hordalék-kérdést ne csupán elméleti alapon tárgyalják, hanem minél több konkrét vizsgálat alapján. Csatlakozom Szilágyi professzor által előadottakhoz és javaslom a mintavételt, mert minták vizsgálatával lehet találni esetleg olyan adatokat, amelyek a kérdés tanulmá-

nyozásánál hasznosak lehetnek. Felemlíti, hogy ilyen szempontból igen hasznosnak találná a Hernád folyót kiválasztani, ahol különösen a bőcsi duzzasztómű feletti mederszakasz szolgáltatathatna olyan anyagot, amelyből konkrét eredmények leszűrhetők. A duzzasztómű építése előtt ugyanígy itt részletes mederfelvételek készültek és az immár közel 10 éves duzzasztás ideje alatt bekövetkezett mederfeltöltődés itt hasznos mintákkal szolgálhat.

A *Finály Lajos* hozzászólásában említett ülepedésekre vonatkozó vizsgálatokat a Vízrajzi Intézet már felvette ezévi programjába.

ÓCSVÁR REZSŐ okl. mérnök

A hordalékmozgással kapcsolatban a dunai építések alapján közölhetem, hogy pl. a medvei Duna-híd töltéseinek építésénél 1941-ben 1000-tól 2000 m<sup>3</sup> kotrási kavicsanyag mozgását figyelték meg a mederben. Az ugyanilyen mennyiségű kavicsanyag kikotrása után naponként visszajött. Ez az adat igazolja az előadó és a hozzászólók adatait.

A dunai kavics minőségével kapcsolatban megállapítható, hogy a homokosodás mind nagyobb és nagyobb méreteket ölt és előreláthatólag méginkább fog növekedni a dömösi vízerőmű gátépítésével, így tehát feltétlenül megvizsgálандónak tartom a hazai kavicsgazdálkodás szempontjából azon körülményt, hogy vajjon az építő kavics-anyagellátás biztosítására a folyami kavicskotrók számát, vagy pedig a bányakavics termelőhelyek számát kell-e növelni. Véleményem szerint az utóbbi megoldás felé kell az irányt venni, mert a hordalék-képződés a folyók medrében mindinkább homokosabb és kisebb mennyiségű lesz éppen a csehszlovák domb- és hegyvidék fásítási munkálatai miatt. Javasolom, hogy ezt a kérdést éppen a budapesti és távolabbi építkezések legfontosabb építőanyagának, a homokos kavics nyerésének szempontjából egy munkabizottság pontosan vizsgálja ki.

BOGÁRDI JÁNOS válasza

*Szilágyi professzor* értékes hozzászólásában legelőször is felhívta a figyelmet a lebegtetett és görgetett hordalék közötti különbségre, amely a mederállandósági tényező számításánál fennál. Rámutatott arra az előnyre, hogy míg a Tiszán mind görgetett, mind pedig lebegtetett hordalékkal kell számolnunk, addig a Felső-Dunán túlnyomórészt görgetett hordalék fordul elő. A mederállandósági tényező elvileg független attól, hogy vajjon a vízfolyás görgetve, vagy lebegtetve, esetleg mindkét módon szállítja-e hordalékát. Ebből a szempontból tehát véleményem szerint nem lesz szükség a mederállandósági tényező módosítására. Egyetértek azonban Szilágyi professzorral abban a kérdésben, hogy a dunai vízlépcsőkkel kapcsolatos hordalékproblémáknál egészen más szempontokat is figyelembe kell venni. Ha az előadás szűkre szabott kerete megengedte volna, szívesen foglalkoztam volna a kérdésnek ebből a szempontból való megvilágításával is. Erre azonban ilyen formában nem kerülhetett sor. A hozzászólás alapján azt látom, hogy hiányosságot jelent előadásomban az átlagos szemátmérő alkalmazásáról és használatáról szóló részletezés elmaradása. Ezzel kapcsolatban meg kell említenem, hogy a hordalék milyenségének a jellemzése igen sokféleképpen történhet. Sok kutató egyéni utakon jár és újabb, az irodalomból ismert paraméterektől eltérő módon igyekszik a vegyesszemű hordalék legcélszerűbb jellemzésére. Majdnem minden tanulmá-



nyon végigvonul azonban az *átlagos szemátmérő* alkalmazása, ami különösen abban az esetben használható célszerűen, ha a hordalék minőségének jellemzésére csak egy *paramétert* alkalmazunk. Túlmessze vezetne, ha a hordalék jellemzésére vonatkozó módszereket csak vázlatosan is ismertetném. Ezért előadásomnak az előbb említett hiányosságát azt hiszem pótlom azzal a megállapítással, hogy az átlagos szemátmérő a hordalékmozgás irodalmában általánosan használatos és alkalmazása, az eddigi tapasztalatok szerint, a legmegfelelőbbnek látszik. A duzzasztómű fölötti folyószakasz feltöltődésének számításánál valóban a szabadon levonuló árvízi víztömegek kimosó hatását nem vettük figyelembe. Nyilvánvalóan helyes Szilágyi professzornak az a megállapítása, hogy ha a mozgatható táblák felemelésével a duzzasztómű nyílásait szabaddá tesszük, akkor az árvízi víztömegek a lerakodott hordalék egy részét a gát alatti szakaszra sodorják. Az is nyilvánvaló, hogy ha ismernénk az árvizek elmosó hatását, számítani tudnánk az évenkénti feltöltődés mértékét, figyelembevéve a duzzasztómű üzemét. Sajnos, az árvízi hordaléktömegek elsodróképességét még csak becsülni sem tudjuk. A gyakorlati tapasztalatok azt mutatják, hogy árvizek alkalmazásával az árvízi tömegek sokszor csak keskeny, mély csatornát végnak a lerakodott hordalékba anélkül, hogy az iszapból jelentős mennyiséget kimosnának. Ha az árvizek kimosó hatása számottevő lenne, nem látnánk szerte a világon a régebben megépült és ma már teljesen feliszapolódott völgyzárógátak és duzzasztóművek sokaságát.

A fentiek indokolják, hogy miért hanyagoltuk el a feliszapolódások számításánál az árvízi víztömegek elsodró hatását. Vizsgálatainknál a végső egyensúlyi állapot bekövetkezését 60 év felvételével számítottuk. Egyetértek Szilágyi professzorral, hogy a valóságban ennél lényegesen rövidebb idő alatt is bekövetkezhet már az egyensúlyi állapot. Itt is fennáll azonban, hogy a hosszabb idő felvétele a biztonság javára szolgál. Egyetértek a hozzászólásnak azzal a megállapításával is, hogy a dunai vízlépcső esetében hasznos lenne laboratóriumi kísérletek végrehajtása és örömmel támogatom a magam részéről is javaslataimnak a felsőbőcsi duzzasztómű feletti és alatti mederszakaszon végzendő medernyilvántartási felvételekkel való kiegészítését.

*Papp professzor* hozzászólása, rámutatva a meder és hordalékképződés geológiai és kőzettani vonatkozásaira, megítélésem szerint igen hasznos módon egészítette ki előadásomat. Valóban teljesebb képet nyerhet az olvasó a hozzászólás ismeretében.

*Papp professzor* hozzászólásában aggályát fejezte ki, hogy a feltöltődések számításánál vajjon figyelembe vettük-e a szélsőséges évek hatását. Ezzel kapcsolatban közölhetem, hogy a számításokat a vízgazdálkodási tanulmányoknál egyik legmegfelelőbbnek mutakozó évtizedre vonatkoztattuk, amelyben az átlagos és szélsőséges évek egyaránt előfordultak. Így feltétlenül az átlagos viszonyokat közelítettük meg. A hosszú időre szolgáló, általában minimálisan 100, esetleg 150 éves élettartamú duzzasztóműveknél pedig éppen az ilyen átlagos viszonyok alapján lehet csak számítani, mert hiszen a rövidebb időközökben bekövetkező szélsőségek hatása ilyen hosszú idő alatt kiegyenlítődik.

*Papp professzor* által javasolt mérésekkel és kutatásokkal egyetértek, különösen szerencsés gondolatnak tartom a vízfolyások medrének geológiai felvételét.

*Károlyi Zoltán* a Duna-csatornázással kapcsolatban olyan értékes adatokat közölt hozzászólásában, amelyek nagy jelentőségüknél fogva további

tanulmányozást kívánnak. Idézte a Kachlet-mű feletti Duna-szakasz feltöltődésére vonatkozó tapasztalati adatokat, amelyekből azt a rendkívül érdekes következtetést vonta le, hogy elég hosszú idő után a feltöltődés mérvének fokozatos csökkenését felváltja ismét a feltöltődés növekedése. Bár ezt a megállapítást még csak a Kachlet-műre vonatkozó minőségi elemzéssel támasztja alá, dunai viszonylatban arra mutat, hogy nagytömegű görgetett hordalék szállítása esetén a vizsgálatokat ilyen irányban is ki kell terjeszteni. Ezeknél a vizsgálatoknál előreláthatólag a gazdaságosság kérdése is előtérbe kerül, mert hiszen ez szabhatja meg egy mű létesítésének jogosultságát.

*Frantisek Grossmann* rendkívül érdekes módon ismerteti hozzászólásában a csehszlovákiai víztárolással és folyócsatornázásokkal kapcsolatos hordalékvizsgálatokat. Hozzászólásával kapcsolatban megemlítem, hogy megállapításai általában megegyeznek a mi tapasztalatainkkal. Arra vonatkozólag, hogy a mintegy évi félmillió m<sup>3</sup> fehéken mozgó durva kavics-hordalékból az árvíz alkalmával 150 000 m<sup>3</sup>-t le lehet-e engedni, a tervezett duzzasztómű lényegének és működésének ismerete hiányában nem tudok véleményt mondani. A lerakódott durva hordaléknak kotrással való kiemelése sem tekinthető egyszerű mennyiségi kérdésnek. Mint már előadásomban említettem, a Duna-csatornázással kapcsolatban feltétlenül szükségesnek tartom az eddigi hordalékmérések folytatását és kifejezetten idevágó tanulmányok végzését. A nagy-horderejű kérdés megoldásánál megnyugtató, hogy a két állam szakértői közösen, ugyanazért a célért dolgozva, fognak együttthaladni.

*Maurer Gyula* legelső észrevétele a szélsőséges hordalékszemcsék vizsgálatára vonatkozik. Erre már *Szilágyi* professzor hozzászólásánál megadtam a választ az átlagos szemátmérő alkalmazásának részletezésénél. Hangsúlyoznom kell azonban, hogy az átlagos szemátmérő mellett a hordalék szemcseösszetételét is ismernünk kell, mert hiszen — ebben egyetértek *Maurer* kartárssal — a szélsőséges hordalékszemcsék súlyszázaléka is rendkívül lényeges. Az árvízi víztömegek elsodró hatására vonatkozóan is már válaszoltam tulajdonképpen. Itt csak annyit ismétel meg, hogy szerencsés esetben a számított feltöltődés a valóságban kisebb lesz az árvízi víztömegek elsodróhatásának következtében, ami a Tisza-csatornázás szempontjából csak hasznosnak mondható.

*Maurer Gyula* javaslatára közölhetem, hogy a vízrajzi szolgálat néhány vízfolyáson a medernyilvántartásokkal egyidejűleg a meder anyagára vonatkozó adatgyűjtést is megindította már. A Vízrajzi Intézet programjában szerepel ezeknek a medervizsgálatoknak a minél több vízfolyásra való kiterjesztése.

*Finály Lajos* hozzászólására közölhetem, hogy a hordalékmérések minden esetben az ipari kívánalmaknak megfelelően folytak. Vagyis a méréseknél nem csupán a szorosan vett vízimérnöki problémák megoldására gyűjtenek adatokat, hanem a vízellátási, vízkivételi igényekre is tekintettel vannak. A Duna csatornázásával kapcsolatban az építési célokra kiváló dunakavics mennyiségileg, sőt minőségileg is meg fog változni. Helyes *Finály* kartárssal az a megállapítása, hogy a változások általában kedvezőtlenül befolyásolják majd ennek az építőanyagnak a minőségét.

*Serf Eged* kifejti, hogy a csatornázás következtében fellépő feltöltődések csökkenteni fogják az árvédelmi biztonságot. Nyilvánvaló, hogy a feltöltődések következtében számíthatunk a mértékadó árvízszintek bizonyos mérvű emelkedésére, de úgy vélem, ezeknek a mértéke nem lesz jelentős. Mindenesetre egyetértek *Serf* kartárssal, hogy ezt a kérdést még tüzetesen tanulmányozni

kell. A hordalékvizsgálatokkal kapcsolatos megjegyzésére megemlítem, hogy hordalék-problémáink ma már a legszorosabban összefüggnek a gyakorlat-szabta kívánásokkal. A mindössze tíz évvel ezelőtt megindított rendszeres hordalékméréseket kezdetben legtöbbször csak elméleti szempontból tartották fontosnak. Ezzel szemben vízgazdálkodásunknak ma már alig van olyan ága, ahol adott esetben fel ne bukkanna valamilyen hordalékmozgási kérdés is.

*Ócsvár Rezső* érdekes megfigyeléseket közöl gyakorlati tapasztalataiból. Napi 1000—2000 m<sup>3</sup> kotrás újbóli feltöltődése világosan mutatja, hogy milyen rendű mennyiségre rúg a Duna hordalékszállítása. *Finály Lajos* hozzászólására adott válaszomhoz hasonlóan itt is megismétlem, hogy a folyócsatornázás következtében minden bizonnyal romlani fog a dunakavics minősége. Erre vonatkozóan azonban adatokat majd csak a tényleges tapasztalatokból meríthetünk.



# A DUNAI VÍZERŐHASZNOSÍTÁS HIDROLÓGIÁJA

MOSONYI EMIL  
műegyetemi m. tanár

## *Általános szempontok*

Az ország évi 7,2 milliárd kWó munkamennyiséggel jellemezhető elméleti (potenciális) vízerőkészletének legnagyobb részét, mégpedig kereken 5 milliárd kWó-t, a Duna képviseli. Tehát az ország elméleti vízerőkészletének 70%-át a Duna hordozza, s a fennmaradó 30%-ot a Duna mellékfolyói és a Tisza vízrendszere — beleértve magát a Tiszát is — adja. A fentemlített energiamennyiségek meghatározása az átlagosan 50%-os tartósságú vízhozamok figyelembevételével történt. Teljesítményben kifejezve — s ugyancsak az 50%-os tartósságú vízhozamra alapítva — a Duna elméleti vízerőkészlete 643 000 kW, amely az egész ország vízerőkincséhez (960 000 kW) viszonyítva, 67%-ra rúg. Nyilvánvaló, hogy a Duna, kiegyensúlyozottabb vízjárása miatt, a munkamennyiség tekintetében valamivel kedvezőbben részesedik a vízerőkészletben, mint a teljesítmény tekintetében.

Megjegyzem, hogy a potenciális vízerőkészlet kimutatásánál a cseh-magyar közös szakasz vízerőkészletét csak félértékkel vettem figyelembe. (A vízerőkészlet részletes kimutatása megtalálható az alábbi tanulmányokban : Dr. Mosonyi Emil—Hock Károly : Magyarország vízerői 2 tanulmány, Vízügyi Közlemények 1948. évi 2. sz.)

Ha a Dunát a vízerőhasznosítás szempontjából vizsgáljuk, akkor különböző megfontolások alapján célszerű az egész magyar szakaszt két részre bontani:

1. A Szobtól—Darázsig terjedő teljesen magyar területen folyó Duna-szakasz, amelynek hossza 274 km (1708 folyókilométertől 1434 folyókilométerig).

2. A Rajkától—Szobig terjedő közös cseh-magyar folyószakasz. Ennek hossza 140 km (1848 folyókm-től 1708 folyókm-ig).

A Dunának ez az országhatár szerinti, tehát politikai szempontból való felosztása egyúttal a vízerőhasznosítás tekintetében mértékadó természeti adottságok miatt is szinte önként kínálkozik. Ugyanis kevés eltéréssel a fent megjelölt politikai tagozódástól, a domborzati, geológiai és hidrológiai viszonyok tekintetében olyan nagy különbségek mutatkoznak az említett két szakasz között, hogy azokat mind a műszaki kialakítás tekintetében, mind a műszaki feladatok megoldásához szükséges tudományos kutatások szempontjából élesen el kell választanunk.

A természeti adottságok tekintetében az éles határ inkább Gönyűnél, vagy esetleg Komáromnál vonható meg, de a tárgyalás egyszerűsítése céljából

a következőkben felső-szakasznak mindig a Szobig terjedő szakaszt, alsó-szakasznak pedig a Szob alatti teljesen magyar Duna-szakaszt fogjuk érteni. (Itt a megnevezésben eltérünk a folyamszabályozási és általában vízrajzi tekintetben elfogadott tagozástól, minthogy folyamszabályozási szempontból mindig a Gönyüig terjedő folyamszakaszt nevezzük hazai viszonylatban a Duna felső szakaszának, illetőleg Felső-Dunának. (Erre vonatkozólag lásd Töry Kálmánnak »A Duna szabályozása« című összefoglaló művét, amely az Akadémia kiadásában most van sajtó alatt.)

A Duna Gönyű fölötti szakaszának különleges jellege műszaki szempontból is különleges feladatokat ró a kutató és tervező mérnökre. Minthogy még ennek a szakasznak a hasznosítását a cseh-magyar közös érdekek helyes kielégítése érdekében egységesen kell megoldani, nyilvánvaló, hogy a »Felső szakasz« vízerőhasznosítási kerettervét egészen más elvi szempontok szerint kell elkészíteni, mint az Alsó-szakaszét.

A dunai vízerőhasznosítás tárgyalásához sorozom a Duna-menti hidraulikus energiatárolók létesítésével kapcsolatos hidrológiai tudományos kérdéseket is. Annak ellenére, hogy valójában a hidraulikus energiatároló nem sorozható az energiát közvetlenül termelő folyami erőművek közé, mégis célszerűnek látszik erről a kérdéstről is megemlékezni, minthogy egyrészt a hidraulikus energiatároló létesítése jelenleg eléggé az érdeklődés homlokterében áll, másfelől, mert a hidraulikus energiatároló mind a vízépítési, mind energia-gazdasági vonatkozásban szoros kapcsolatban áll a dunai vízerőhasznosítással.

Mielőtt a részletesebb tárgyalásba fognék, kiemelni kívánom, hogy ebben a rövid tanulmányban nem szándékozom az energiagazdasági, továbbá a víz- és mélyépítési kérdésekkel részletesebben foglalkozni; legfeljebb ott érintem ezeket a témákat, ahol hidrológiai vonatkozásaik vannak. A hidrológiát általános fogalmazásban értelmezem, azaz beleértem a hidraulikai feladatok vizsgálatát is. (A dunai vízerőművek és a hidraulikus energiatároló néhány gazdasági és vízépítési kérdésére vonatkozólag lásd a szerzőnek »Vízérőgazdálkodásunk időszerű feladatai« című tanulmányát, amely a Magyar Tudományos Akadémia 125 éves fennállása alkalmából tartott nagygyűlésen elhangzott előadása anyagát tartalmazza.)

## I. A dunai vízerőművek

### A) A vízlépcsők kiosztása (keretterv)

A Duna vízlépcsőinek kiosztása tekintetében előljáróban meg kell állapítanom azt, hogy önálló tervet csak az alsó szakasz hasznosítására készíthetünk, míg a felső szakasz kihasználásának terve csak cseh-magyar együttműködés keretében készíthető. Természetesen figyelembe kell venni azt is, hogy mindkét szakasz kihasználására vonatkozólag vannak kötelezettségeink a nemzetközi Duna-bizottsággal szemben is, amelytől irányelveket, illetőleg

döntéseket kell kapnunk atekintetben, hogy miképpen kell kialakítani a vízlépcsőket a hajózás biztonsága és a dunai hajózóút előírt teljesítőképességének biztosítása érdekében.

A nemzetközi Dunabizottsággal nyilvánvalóan megtárgyalandó kérdések mind az alsó, mind a felső szakaszra vonatkozólag : a duzzasztóművek kialakítása az árvíz és a jég levezetésének biztonsága érdekében, a vízlépcsőkkel kapcsolatban szükséges parthbiztosítási munkálatok, a hajózsilipek száma és a hajózsilipek fő méretei, a hajózsilipek kapurendszerei, a hajózóágak, vagy esetleg hajózható üzemvízcsatornák kialakítása és főméretei stb. A magyar szakasz vízerőhasznosítási kerettervének készítése jelenleg még folyamatban van és azért annak részleteiről mégkorai volna beszámolni. Éppen ezért nem terveket szándékozom ismertetni, hanem csak a terv készítésénél alkalmazásra kerülő elviszempontok tárgyalására szorítkozom.

Az alsó szakasz kihasználásánál két lényeges adottsággal kell már eleve számolni :

a) A települési viszonyok, elsősorban pedig Budapest fekvése és magassági viszonyai (a Budapest közelében esetleg létesülő vízerőműveknél, vagy a Budapestre, ill. Budapest környékére kiható duzzasztásoknál tekintettel kell lenni a Budapestet kiszolgáló vízművek és csatornázási művek berendezéseinek elhelyezési és magassági viszonyaira is).

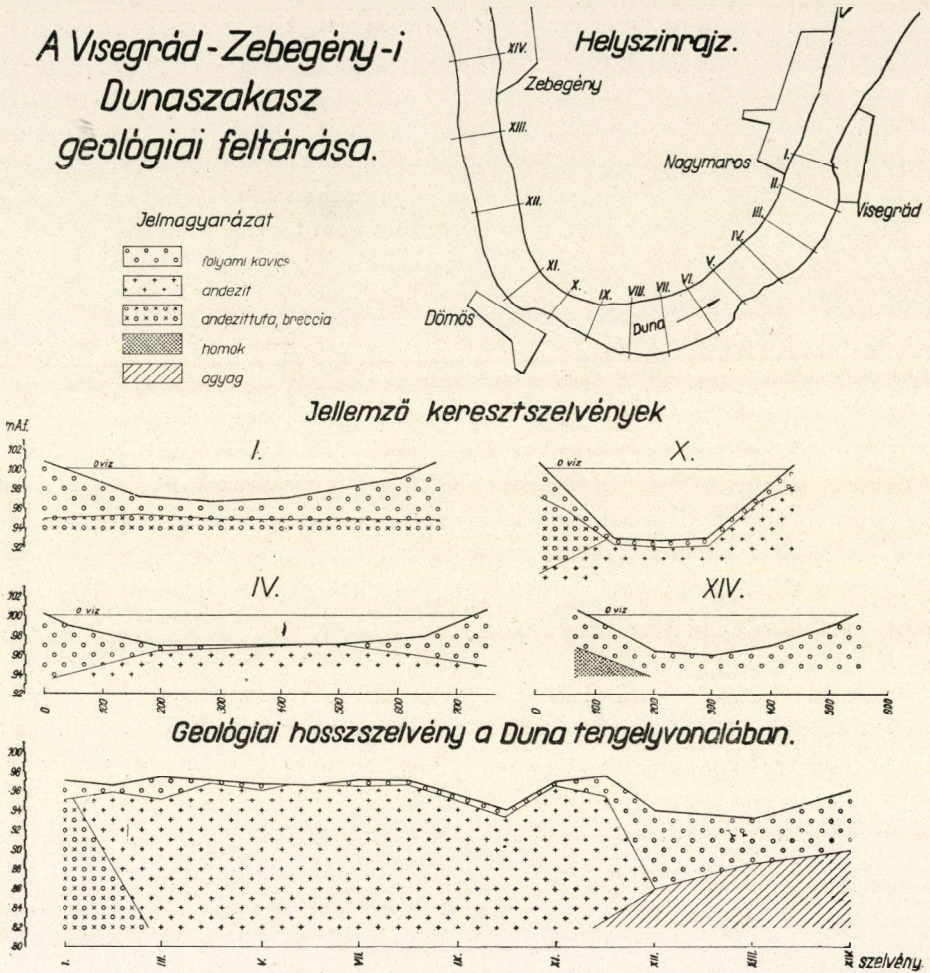
b) A Duna-meder és környezetének geológiai, talajmechanikai adottságai.

Ismeretes, hogy a Duna-meder közvetlen környezetében — rövidebb szakaszok kivételével — mindenütt igen vastag alluviális rétegek, mégpedig vízáteresztő homok, homokos kavics, sőt helyenként durva kavics települések vannak. Vízlépcsők építésének lehetőségét ez a körülmény természetesen sehol sem zárja ki, de lényegesen kedvezőbbek a lehetőségek a műszaki megvalósítás tekintetében és egyben sokkal gazdaságosabbak a létesítmények akkor, ha a műtárgyakat tömör sziklaközetre lehet alapozni. Ez a szempont szinte kizárólagosan kijelöli az első dunai vízlépcső helyét a Zebegény—Dömös—Visegrád Duna-szakaszon, ahol a Vízerőmű Tervező Iroda által 1951-ben végrehajtott kutatások alapján igen kedvező geológiai viszonyok tárultak fel. A kőzetfeltárások még folynak, végleges és teljesen összefüggő képet adó eredményekről még nem számolhatok be. Ugyancsak nem fejeződtek be a kőzetvizsgálatok sem, amelyek a feltárt andezit, andezit-tufa és andezit-breccsa kőzetek minőségének megállapítására vonatkoznak.

A vizsgálatok a vett kőzetminták alábbi tulajdonságaira vonatkoznak : törőszilárdság, nyírószilárdság, húzószilárdság, fagyállóság, vízáteresztőképesség, mikroszkópos ásvány-vizsgálat, térfogatsúly, vízfellevőképesség stb.

A visegrádi Duna-áttörés lényegében eróziós völgyszakasz, ahol a vizsgált 8 km-es szakaszon tektonikus törésvonalakat nem találtunk.

A csatolt 1. sz. ábra feltünteti a Visegrád-környéki geológiai kutatás eddigi eredményeit. A kutatás az 1951. év folyamán elsősorban a Duna-mederre,



1. ábra

ill. a Duna-meder alatti geológiai szerkezetre szorított. Az 1951. év folyamán két pontonról, az 1695 folyókilométertől 1703 folyókilométerig terjedő szakaszon, 14 szelvényben 63 fúrást végeztünk a mederben. A fúrások összes hossza 1700 m, amiből átlagosan egy fúrás 27 m esik. A legmélyebb fúrások 60 méterre terjedtek a mederfenék alá, míg általánosságban csak 15—25 méter mélyre fúrtunk.



A csatolt helyszínrajz szerint a feltárásokból kiderült, hogy a zebegény—nagyvarosi Duna-szakaszon az andezit, ill. andezit-tufarétegek egészen közel vannak a mederfenékhez, sőt számos helyen a mederfenékből kibukkannak, ill. a mederfenék teljesen be van ágyazódva az andezit-rétegbe hordaléktakaró nélkül.

A Visegrád-környéki rendkívül kedvező geológiai adottságot olyan kiinduló alapnak kell vennünk, hogy kihasználása érdekében feltétlenül engedményekre van szükség a különböző egyéb, de még a hidrológiai követelmények tekintetében is. A dunai folyócsatornázás, tehát a vízlépcsők kiosztása tekintetében *kiindulópontnak lehet venni a Visegrád-környéki vízlépcsőt* és a továbbiakat ettől felfelé és lefelé kíséreljük meg úgy kiosztani, hogy a Duna legkedvezőbb kihasználása biztosítva legyen. Annak ellenére, hogy itt még a magyar szakasz kihasználását tárgyaljuk, mégis rá kell mutatni arra, hogy egy meghatározott duzzasztási szinten felül a Visegrád-környéki erőmű figyelemreméltóan visszahat a cseh-magyar közös Duna-szakaszra is, tehát a Visegrád-környéki erőmű tervezése sem választható el teljesen a cseh-magyar közös szakasz kihasználásának terveitől.

Ha valóban a Visegrád-környéki elhelyezés mellett történik döntés, akkor valószínű, hogy Budapest és Visegrád között, a rendelkezésre álló kis esés miatt, további erőmű telepítésének nincsen értelme.

A szentendrei Duna-ágnak egy vagy két lépcsővel való kihasználását azonban a Visegrád-környéki erőmű telepítése nem érinti. Budapesttől a jugoszláv határig terjedő Duna-szakaszon még egy vagy esetleg két vízlépcső jöhet szóba.

A cseh-magyar Duna-szakasz kihasználására vonatkozólag ezen a helyen még javaslatot nem tehetünk. Nyilvánvaló, hogy érdemleges javaslatot csakis a cseh szakértőkkel együttesen végzendő közös munka alapján lehet majd tenni. Elvileg négy megoldás lehetséges a Pozsony—Rajka—Gönyű Duna-szakasz vízerejének kihasználására :

a) A Nagy-Duna medrében egy vagy több vízlépcső létesítése.

b) A csehszlovák oldalon építendő üzemvízcsatornában többlépcsős vízerőhasznosítás, Pozsony-környéki nagy dunai duzzasztóművel és vízkivételi művel. Ez az üzemvízcsatorna hajózható lenne és a Csallóközt szelné át.

c) A magyar oldalon vezetett hajózható üzemvízcsatorna a mosoni Dunaág felhasználásával. A nagy dunai duzzasztómű és a vízkivétel esetleg itt is cseh területre kerül. A domborzati és geológiai adottságok folytán ez a megoldás is csak többlépcsős változatban alakítható ki.

d) Végül lehetséges olyan változat is, amelynél mindkét oldalon létesített üzemvízcsatornába osztjuk meg az üzemvizet. Ebben az esetben a hajózás lehet mindkét oldalon, de arról is lehet szó, hogy csak az egyik oldal üzemvízcsatornája épül a nagyhajózás számára.

### B) *A vízlépcsők elhelyezése*

A keretterv csak egy hosszabb-rövidebb folyószakaszt jelöl meg, amelyen belül az erőművet el kell helyezni. A pontosabb helykijelölést ugyancsak erősen befolyásolják még a települési és geológiai viszonyok, de itt már szem előtt kell tartanunk — amennyire lehetséges — az alábbi hidrológiai követelményeket is:

a) Az árvíznek és a jégnek kis ellenállással való levezetése, a jégtorlaszok jégdugók keletkezésének megakadályozása érdekében — különösképpen hosszú pillérek és sűrű pillérkiosztás mellett — arról kell gondoskodnunk, hogy a műtárgyra való rááramlás a pillérek irányával párhuzamos, vagy közel párhuzamos legyen. Ennek elérésére rendszerint az szükséges, hogy a gát felett megfelelő hosszúságú egyenes szakasz legyen. Ez a követelmény nagyon sok esetben alig, vagy talán egyáltalán nem kielégíthető.

Nyilvánvaló azonban, hogy itt különbséget kell tennünk aszerint, hogy alacsony, vagy magas duzzasztásról van-e szó. Ha ugyanis a duzzasztás alacsony, különösképpen, ha a megengedhető duzzasztás el sem éri a legmagasabb természetes árvízszintet, akkor a fenti követelmény súlyosan esik latba. Ha viszont a duzzasztás magas, sőt lényegesen magasabb, mint az előforduló legmagasabb árvíz szintje, akkor a duzzasztás által alapvetően megváltozott viszonyok, azaz a felsővíz áramlásának lelassulása miatt a fenti követelményből lényegesen engedmény tehető.

b) A gát alatti szakasz védelme tekintetében viszont éppen fordított a helyzet. A partok erózió elleni védelme, holtterek és függőleges hengermozgások kimosó hatásának elkerülése céljából meglehetősen hosszú egyenes utófenékre és ezután még egyenes folyószakaszra van szükség. Minél magasabb a duzzasztás, annál hosszabb egyenes, vagy enyheíví szakasznak kell következnie a gát mögött.

A fentiekből következik, hogy két kanyarulat közötti elhelyezésnél — a rendelkezésre álló egyenes szakaszon — magas duzzasztás esetében inkább a felső részen, alacsony duzzasztás esetén pedig az alsó részen kell a műtárgyat elhelyezni (lásd a 2. ábrát).

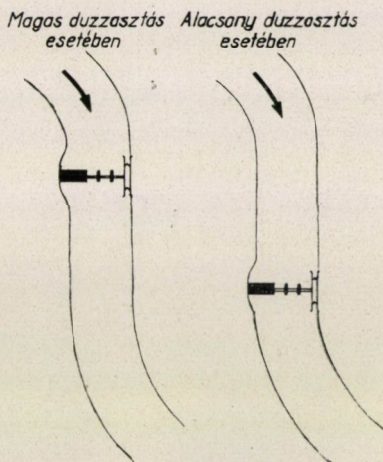
c) A hajózó ágnak és az erőmű előtti térnek feliszapolódását el kell kerülnünk, illetőleg a legkisebbre csökkentenünk. Ez a szempont szintén befolyásolja a mű elrendezését, vagyis azt, hogy a sodorvonal helyzetéhez és irányához képest miképpen kell a műtárgyakat elhelyezni.

d) Az elhelyezés megtervezésénél figyelemmel kell lenni a meder szélességi viszonyaira is, s abban az esetben, ha a vízlépcső műtárgyainak együttes szélessége meghaladja az átlagos mederszélességet — ami folyami erőműveknél legtöbbször így is van — akkor előnyös a művet ott elhelyezni, ahol a meder szélesebb, mert ebben az esetben az öblözet kialakítása kevesebb földkiemelési és kotrási munkával jár.

e) A meder- és partviszonyok még abból a szempontból is vizsgálандók, hogy hol lesznek rövidebbek a szükséges oldalbekötések. Ahol a partok mere-

dekebbek, ott nyilvánvalóan kedvezőbbek a viszonyok. De a hidrogeológiai adottságot is figyelemmel kell kísérni, mert a gát körüli szivárgás elkerülése, illetőleg csökkenése és a kapcsolatos veszélyek elhárítása érdekében azokat a partszakaszokat kell megkeresni, ahol a vízzárás szempontjából kedvezőbbek a körülmények.

f) Ha a vízlépcső elhelyezésével valamely, de főleg geológiai okból egy éles kanyar környezetében kell maradni, akkor magas duzzasztás esetében előnyösebbnek tartom közvetlenül a kanyar alatt való elhelyezését, mint a kanyar fölé való közvetlen telepítést. Ez az álláspont már az a) és b) pontok mérlegelése alapján is helyesnek látszik, de hozzá kell tennünk még egyéb



2. ábra

szempontot is. Ha a műtárgy felett éles kanyar van és feltételezhető, hogy a jég beául, akkor annak hosszirányú nyomását nem a mű, hanem legfőképpen az éles kanyar külső (homorú) partja veszi fel. Az esetleg képződő jégtorlaszok pedig főképpen a kanyarban fognak kialakulni és nem a műnél. A művön átbocsátott jég az alatta következő egyenes szakaszon szabadon elúszik.

Ha viszont a mű közvetlenül az éles kanyar felett épül, akkor az átbocsátott jégtáblák alacsony alvízszint esetében a kanyarban — figyelembevétel a kisvizek esetében rendszerint mutatkozó erős mederszűkületet is — újból elakadnak és jégdugó, esetleg jégtorlasz is keletkezik közvetlenül a mű tövében. Ennek a jelenségnek a következményei súlyosak lehetnek (3. ábra).

g) A vízlépcső műtárgyainak elhelyezésénél végül is rá kell mutatnunk arra a talán legfontosabb törekvésre, ami a műtárgyak alatti szivárgás kárainak elhárítására irányul. A műtárgyak alatti altalajban (kőzetben) létrejövő szivárgásnak káros, illetőleg a méretezésnél figyelembeveendő következményei:

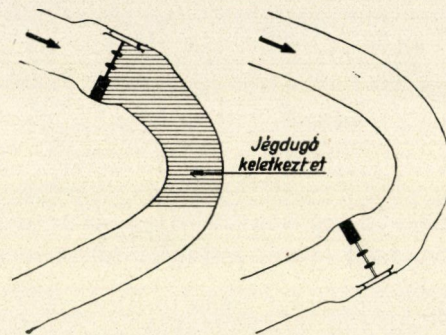
a szivárgás okozta veszteség ;

a finomabb talajrészecskéknek a szivárgó víz által előidézett kimosása, ami üregek, zsákok képződésével, s végül a mű süllyedésével, sőt teljes tönkremenetelével járhat ;

az alaptest végén, illetőleg az esetleg csatlakozó szádfalaknál felfelé áramló víz talajtörő hatása, amelynek következménye szintén a talaj fellazulása és a mű tönkremenetele lehet ;

a szivárgás okozta hidrodinamikai felhajtóerő megjelenése, amelyeknek számbavétele rendkívül fontos, mert nagyságrendben változtatja meg a külső erők hatását.

A szemcsés laza altalajokban előforduló fenti jelenségek közül összeálló kőzetek (sziklák) esetében csak az átszivárgó vízmennyiség és a felhajtóerő kérdésével kell foglalkoznunk, mert a másik két jelenség sziklaszerű kőzetek-



3. ábra

nél természetszerűleg nem következhetik be. A Visegrád-környéki elhelyezés esetében az alapozás sziklára kerül és így az alapozással kapcsolatos hidrológiai problémák egészen mások, illetőleg egyszerűbbek, mint a Duna felső szakaszán, vagy a Budapest alatti szakaszon kavics-, illetőleg homoktalajokra történő alapozás esetén. Egyedül a felhajtóerő számítása ad több bizonytalanságot sziklaalapozás esetében, mint laza szemcsés üledéknél.

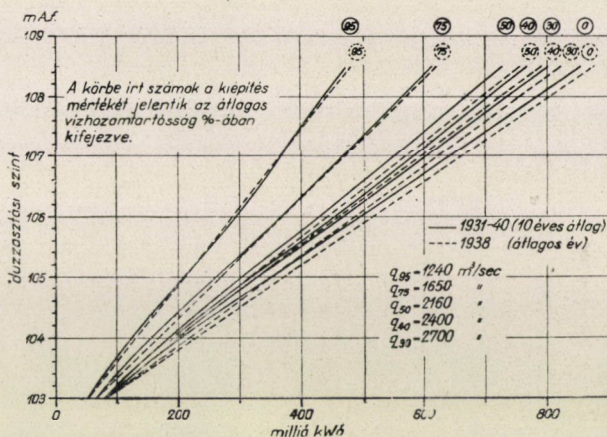
Ha valamelyik dunai vízlépcső tervezésénél olyan lehetőséget találunk, hogy a műtárgyakat közvetlenül vízzáró agyagrétegre, vagy a vízzáró réteg fölött kisvastagságú, tehát szádfallal lezárható vízáteresztő üledékre építhetünk, akkor az alapozási viszonyok ugyancsak kedvezőknek mondhatók.

A fenti problémák tisztázására regionális geológiai, illetőleg hidrogeológiai feltárásokat, igen sok fúrást kell végezni, számos új talajvízmegfigyelő kutat telepíteni s végül a vett kőzetmintákon kiterjedt laboratóriumi kísérleteket kell végrehajtani. A feltárások és laboratóriumi kísérletek egy része megindult s azok a következő esztendőben még fokozottabb mértékben fognak tovább folyni.

## C) A megengedhető duzzasztási szint

A folyami erőművek tervezésének hidrológiai feladatai közül egyik legfontosabb kérdés a megengedhető duzzasztási szint megállapítása. A duzzasztási szint kijelöléséhez két ellentétes nézőpontból kell a vizsgálatokat elvégezni:

a) Az energiatermelés folytonossága és gazdaságossága szempontjából *kevesebb magas vízlepcső* kijelölésére kell törekedni. A duzzasztási magasság emelésével rohamosan növekszik a termelhető energiamennyiség. A csatolt 4. sz. ábrán bemutatom a Visegrád-környéki dunai vízerőműre a duzzasztási szint és átlagosan termelhető évi energiamennyiség összefüggését.



4. ábra

Itt jegyzem meg, hogy gépészeti hidraulikai szempontból igen fontos a turbinák szerkesztési esésének helyes rögzítése. E tekintetben ugyancsak ellentétes szempontok befolyásolják a kialakítás módját. A szerkesztési esés csökkentésével nő a termelhető energiamennyiség és egyidejűleg csökken a termelésből esetleg kieső napok száma (az árvízszintnél alacsonyabb duzzasztás esetében), ezzel szemben viszont csökken a gép fordulatszáma és növekszik a vízerőgép átmérője. Mindkét utóbbi körülmény vízgépészeti, elektromos és mélyépítési téren a költségek emelkedésével jár. Ha a fordulatszámot mégis tartani kívánjuk, akkor a jellemző fordulatszámot kell megnövelni, ami viszont bizonyos határon túl szerkesztési nehézségekben és kavitációs veszélyekben mutatkozik. Ez utóbbi pedig esetleg ugyancsak nagy áldozatok árán, az alapozásnak műszakilag nehéz és költséges mélyépítésével küszöbölhető ki. A szerkesztési esés növelésével növekszik a fordulatszám, ami a műnek [mind mélyépítési, mind gépészeti és elektromos szerkezeteiben költségsökkenéssel jár, de egyidejűleg apad a termelhető energia és esetleg megnövekszik a termelésből kieső napok száma is.

A szerkesztési és helyes kiválasztása kisesésű és nagyteljesítményű egy-  
ségekben álló vízerőművek esetében egyike a legfontosabb komplex kérdések-  
nek, amelyeket a vízgépész, az elektromos és energiagazdálkodó, a víz- és mély-  
építő szakembereknek tudományos alaposzottsággal együttesen kell megolda-  
niok. Sok esetben már az előtanulmányok során is nélkülözhetetlenek a labo-  
ratóriumai kísérletsorozatok.

b) A megengedhető duzzasztás mértékére — az energiagazdálkodás igé-  
nyeivel ellentétesen — az alábbi tényezők vannak befolyással, ill. legtöbbszörre  
teljesen korlátozó hatással :

1. A duzzasztás magasságának emelésével a felduzzasztott víz által el-  
öntött területek a topográfiai adottságok szerint, de többszörre rohamosan  
növekszenek. Hidrológiai és energiagazdasági szempontból az elöntéseknek  
vannak előnyei és hátrányai. Eltekintve most a területveszteségtől, esetleges  
kisebb települések részleges vagy teljes elöntésétől, mezőgazdasági termelés-  
kieséstől, pusztán a vízerőhasznosítás szempontjából a következőket állapít-  
hatjuk meg : ha jelentékeny területet nagy vízmélységgel önt el a duzzasztott  
víz, akkor az erőmű tározóképesége fokozódik, aminek energiagazdasági  
jelentősége igen figyelemreméltó lehet. Ezenkívül — mint már korábban emlí-  
tettük — a felső víz szétterülésével az áramlás lassúbbá válik és ennek követ-  
keztében a víz-, jégrávezetés szempontjából nem támasztunk olyan szigorú  
követelményeket, mint alacsony duzzasztás esetében. A fentiekkel szemben  
viszont a tározótér növekedése a hordaléklerakódás mértékét és ezzel a fel-  
iszapolódást fokozza.

A fentiek értelmében tehát alapos mérlegelés tárgyává kell tenni, hogy  
mi célszerűbb : a megkívánt duzzasztás által érintett területeket elönteni,  
vagy a megduzzasztott vizet egyes területrészek mentosításával új vagy meg-  
emelt védtöltések közé fogni.

2. Amíg egyfelől a duzzasztási szint növelése energiagazdasági szempont-  
ból szinte korlát nélkül kívánatos, úgy másfelől a duzzasztás magasságának  
határt szabnak a területek elöntésével, a belvizek szabad lefolyásának meg-  
akadályozásával, az átszivárgással és a szomszédos mélyfekvésű területeken  
jelentkező vízfakadásokkal járó károk, illetőleg veszélyek.

Magas területekkel határolt, tehát viszonylag mély folyóvölgyekben a  
szivárgás kérdései rendszerint nem döntőek. Hazai viszonylatban azonban  
mind a dunai, mind a tiszai vízlépcsők megengedhető duzzasztásának megállá-  
pításánál a legkörültekintőbben kell eljárunk, nehogy egyfelől túlzott óvatos-  
ságból az energiatermelés, az öntözés és a hajózás rovására a duzzasztási szintet  
túlságosan alacsonyra vegyük, másfelől azonban nem szabad olyan magas  
duzzasztásokat sem létesíteni, amelyek a fentemlített szempontokból károsak  
volnának.

A megengedhető duzzasztás kutatásánál a feltételezett duzzasztások hatá-  
sait a környező területek talajvíztükrének várható alakulásával kell kapcsol-

latba hozni. *A folyóvízállás és a talajvíztükör összefüggésének felderítésénél* hazai viszonylatban nem szabad figyelmen kívül hagyni azt, hogy vannak olyan általános összefüggések, amelyek a talajvíztükör alakulása tekintetében az egész Kárpátmedencére kiterjedően érvényesek és a Kárpátmedence jellemző éghajlati viszonyaival, a csapadékjárással és a hőmérséklet változásával vannak a legszorosabb kapcsolatban.

Tekintettel arra, hogy a Tisza vízjárása teljesen a Kárpátmedence éghajlati befolyása szerint alakul, nyilvánvaló, hogy az alföldi talajvíztükör és a Tisza vízállása között nemcsak közvetlen kapcsolat, hanem elsősorban ú. n. *szimptomatikus* korreláció áll fenn, azaz másszóval a sok esetben szabályosnak látszó kapcsolat a talajvíztükör és a Tisza vízállása között nem teljesen okozati összefüggésből származik, hanem egy közös tényezőnek, a Kárpátmedence éghajlatának párhuzamosan futó okozatai. Erről a kérdésről, különösképpen a Tiszával kapcsolatban itt nem kívánok bővebben szólni, mert ezt a tárgykört *L. A. Eliava* szovjet szakértő kitűnő előadásában alaposan megvilágította. Ehhez az előadáshoz csatlakozó hozzászólásomban részletesen utaltam a fent elmondottakra. Itt csupán arra kívánom a figyelmet felhívni, hogy ilyen eszme-futtatást a Duna esetében is meg kell tennünk, annak ellenére, hogy az összefüggések kissé elmosódottabbak, mint a tiszai viszonyoknál. A Duna vízjárása ugyanis elsősorban az alpesi és délnémetországi éghajlati viszonyoknak a függvénye, de nem hagyható számításán kívül a Kárpátmedence folyóinak hatása sem.

Ha a szigetközi vagy csallóközi hidrogeológiai viszonyokat, ill. a duzzasztás következtében várható változásokat kívánjuk felderíteni, akkor alapos tanulmányozással kell szétválasztani a talajvízszint megfigyelésadatait olyanokra, amelyek a Duna-vízszin közvetlen befolyására keletkeztek és olyanokra, amelyek az éghajlati okok egybeesése folytán mutatkoznak okozati összefüggésben. A vizsgálatokat természetesen a Duna Budapest alatti szakaszára is ki fogjuk terjeszteni.

#### D) *A folyócsatornázás hatása a hordalékjárásra*

A duzzasztóművek beépítése következtében a folyó hordalékjárásában kialakult egyensúlyi állapot lényegesen megváltozik. A duzzasztóművek felett nagyobb vízmélységű folyószakaszok keletkeznek, ahol az esés lecsökken, s ezzel mindazok a hidraulikus tényezők lényegesen megváltoznak, amelyek a hordalékszállítást megszabják. A változások azonban a duzzasztómű alatti szakaszra is kiterjednek.

A duzzasztómű feletti kisebb esésű és ezzel kisebb sebességű szakaszon feltöltődések várhatók. A feltöltődés mértéke függ a folyó által szállított hordalék mennyiségétől és minőségétől, a meder viszonyaitól és a létesített duzzasztás mértékétől. Lényeges szempont itt az, hogy a duzzasztás magassága hogyan viszonylik az előforduló legmagasabb árvizek eredeti szintjéhez. A duzzasztás

időszakossága kedvező tényező a feltöltődés szempontjából, de igen kedvezőtlen az energiatermelés tekintetében. A dunai vízerőműveknél, de elsősorban a Visegrád-környéki erőműnél remélhetőleg az eddigi maximális árvízszintet meghaladó duzzasztást fogunk létrehozni. Ez a körülmény tehát állandó duzzasztást jelent, amit a feltöltődés várható mértékének számításánál figyelembe kell venni. Az energiatermelés szempontjából természetesen előnyös, ha a magas duzzasztás révén megszakítás nélküli áramtermelést lehet biztosítani.

A duzzasztómű alatt a meder kimélyülésére lehet számítani. A duzzasztógát felett hordaléktartalmából veszített víz a mű után új hordalékmenyiséget képes felvenni. Úgy fogalmazható, hogy a gáton átbukó víz többé-kevésbé telítetlen a hordalékszállító képesség tekintetében.

A Visegrád-környéki erőműnél a feltöltődés mértékének meghatározása súlyosabb és alapos tanulmányozást igénylő probléma, míg a mű alatti kimélyülés kérdése kevésbé okoz gondot, minthogy a feltárások tanúsága szerint a vékony alluviális fedőréteg alatt az erózióval szemben kitűnően ellenálló andezit, illetőleg andezittufa kőzet van. A duzzasztóműtől távolabb lefelé, ahol már vastagabb az üledékes fedőréteg, kisebb kimélyülésekre lehet számítani. Ezek azonban a műtárgy állékonyasága szempontjából nem lesznek veszélyesek.

A hordalékviszonyok kérdésével itt bővebben nem kívánok foglalkozni, minthogy ezt a tárgykört *Bogárdi János* csatlakozó tanulmányában részletesebben megvilágítja.

#### E) *A kiépítési vízhozam*

Noha a kiépítési vízhozam lényegében hidrológiai fogalom, megállapítása az energiagazdasági kérdésekkel van a legszorosabb összefüggésben. A kiépítési vízhozam megállapításánál eddig követett és követendő eljárásunk az, hogy az energiatermelésre és a beruházási költségekre vonatkozó számításokat több kiépítési vízhozamra szerkesztett vázlattevhez végeztük el. A bemutatott 4. ábrán látható az energiatermelés változása a Visegrád-környéki erőmű esetében a kiépítési vízhozamnak, mint egyik változónak a függvényében is. A kiépítési vízhozamot ma már világszerte mindenütt az 50%-os tartósságú (182,5 napos) vízhozam fölé igyekeznek felvenni, s első felvételünknel mi is ebből az elvből indultunk ki, amikor a nagymarosi 2160 m<sup>3</sup>/sec átlagosan 50%-os tartósságú vízhozamhoz viszonyítva 2500 m<sup>3</sup>/sec kiépítési vízhozamot vettünk alapul (kb. 37%-os tartósság).

Az alapvető energiagazdasági szemponton kívül a kiépítési vízhozam nagysága az áramlástanai viszonyokkal is szoros kapcsolatban van. A kiépítési vízhozamnak a folyó teljes vízzállításához való viszonya szabja meg azokat az áramlási irányokat, amelyek a duzzasztómű és az erőtelep feletti víztérben kialakulnak. Az áramlási irányokhoz kell igazodni a felső öböl és az esetleges elválasztópillér kialakításával. Nyilvánvaló, hogy a két vízhozam aránya a

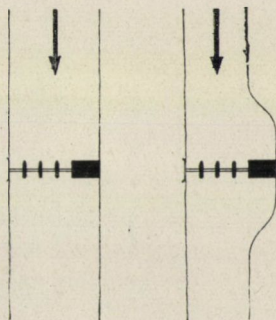


folyó vízszállításának ingadozása következtében erősen változik s így minden esetre érvényes áramlási képet nem lehet rögzíteni. Mégis vannak olyan jellemző áramképek, különösképpen az erőmű nagyobb vízfogyasztásához tartozók, amelyek döntő befolyással vannak az erőmű általános elrendezésére és a műtárgyak kialakítására. Az erőmű fogyasztásának felső határát pedig éppen a kiépítési vízhozam adja s így a kiépítési vízhozam kapcsolatba hozható a kialakítás tekintetében mértékadónak vett áramlási viszonyokkal.

Ez utóbbi kérdésre kielégítő választ — a tudomány mai álláspontja szerint — tisztán elméleti megfontolásokkal nem lehet adni. A jelenségek vizsgálatához *hidrotechnikai kisminta-kísérletekre* van szükség. A hidrotechnikai kisminta-kísérletek azonban természetszerűleg messze túlmennek a kiépítési vízhozam vizsgálatán s általában az összes felmerülő hidrológiai kérdés tanulmányozására kiterjednek s különösképpen az erőmű általános elrendezésére, az erőmű műtárgyainak áramlástanai szempontból való helyes kialakítására.

#### F) Az erőmű általános elrendezése

A hidrológiai, de azonbelül különösképpen a hidraulikai feladatok megoldása céljából részletesebben kell foglalkoznunk az erőmű általános elrendezésével. Az általános elrendezés természetesen nemcsak hidrológiai, hanem mély-



5. ábra

építési, gépészeti, elektromos és egyéb szempontokat érint s így az általános elrendezés tárgyalása nem szorítkozhatik pusztán a hidrológiai szempontból előnyöknek, illetőleg hátrányoknak nevezhető körülmények felsorolására.

A kis esésű, nagy vízhozamú folyamok vízerőkészletének kihasználására alkalmas erőművek általános elrendezési lehetőségeit a csatolt 5., 6., 7., 8. és 9. ábrákon mutatom be.

Tárgyaljuk rendre a különböző típusokat :

1. *Egységes (öblözetbe, vagy az eredeti mederszélességbe összefüggően épített) erőtelep* (5. ábra)

Ez az elrendezés a legjobban elterjedt megoldás. Az eddig épült nagy folyami vízerőművek zöme ilyen kialakításban létesült. Röviden soroljuk fel az ezzel az elrendezéssel járó előnyöket és hátrányokat.

Előnyei :

Az erőtelep üzemének áttekinthető volta az összefüggő gépcsarnok révén. Kényelmes, áttekinthető kezelés.

Ugyancsak kényelmes és összefüggően végezhető szerelés.

Az erőtelep olyan víztérben, ill. öbölben van, amely árvíz idején viszonylag csendesebb és jégtől mentesebb.

Az erőtelep gerebtelep egységes, a gerebetsztítás összefüggően történhetik.

Az összefüggő, egységes gépházterben viszonylag rövidek a csővezetékek és kábelek.

Hátrányai :

A hordalék egy része, esetleg jelentékeny része bejuthat az öbölbe.

A gépegységekre való rááramlás nem mindig egyenletes.

A gerebekre ferdén rááramló víz viszonylag nagy gerebellenállást okoz.

Ha az erőtelep az eredeti mederszélességbe épül — azaz nincs öböl — és az erőtelep viszonylag hosszú, akkor a jégösszetorlódás jégdugulást okozhat. Különösen kedvezőtlenek a viszonyok akkor, ha az erőtelep hossza több, mint  $1/3$  része az egész meder szélességének.

Az erőtelep egységes elrendezése annál kedvezőtlenebb, minél nagyobb az erőtelep és a duzzasztómű hosszának a viszonya.

A hordalékot egyes esetekben csak sok vízvesztéssel lehet öblíteni.

Egységes erőmű esetében — különösképpen, ha kicsi, vagy egyáltalában nincs öblözet — jégterelő műről kell gondoskodni.

Az egységes elrendezésű erőtelep tehát főképpen akkor előnyös, ha :

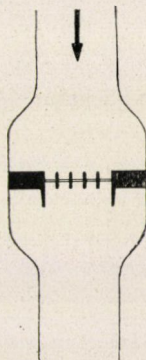
- a) az erőtelep rövid a duzzasztóműhöz képest,
- b) az erőtelep a kanyarulat homorú oldalára kerülhet, illetőleg pontosabban a kevésbé hordalékos oldalra.

2. *Megosztott erőmű* (6. ábra).

Az erőműnek 2 részre való megosztásával némiképpen javítani lehet az egységes erőmű fent felsorolt hátrányain. Ha az erőművet úgy osztjuk meg két részre, hogy a rövidebb tömböt csatlakoztatjuk a hajósziliphez s a hosszabb tömböt helyezük a másik oldalra, akkor elérhető az, hogy a duzzasztómű nyílásai teljesen a sodorba kerüljenek. Ezzel a megoldással azonban veszítünk az egységes erőmű előnyeiből, különösképpen az áttekinthető kezelés és szerelés tekintetében. Ez a hátrány legtöbbszörre döntőbb, mint a megosztásból származó előnyök, miért is az erőtelep két részre való tagolása csak ritka esetben megokolt. Az ilyen módon való megosztást sok esetben politikai szempontok tették szükségessé (határfolyókon levő folyami vízerőművek).

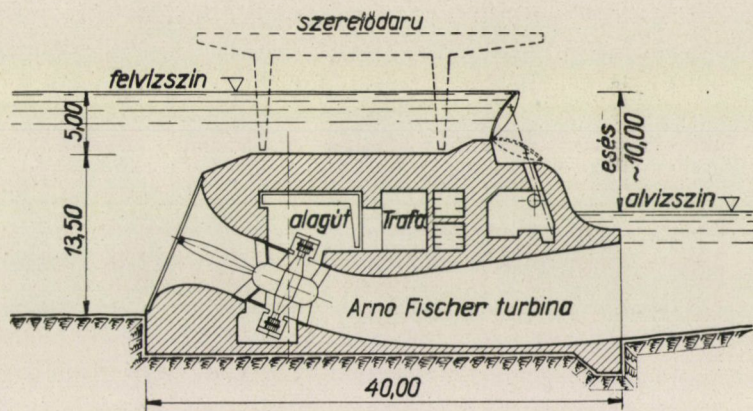
3. *Vízalatti (gáttestbe épített) erőmű* (7. ábra).

A gáttestbe épített erőmű előnyei — a gépszerkesztés fejlettségének mai fokán — főképpen csak kisebb erőművek esetében mutatkoznak. Úgy is kifejezhető, hogy ennek a típusnak az előnyei akkor kerülnek fölénybe a hátrányaival



6. ábra

szemben, ha a duzzasztás magassága kicsi, nem több 3—5 m-nél, s egyidejűleg a vízfolyás eléggé hordalékmentes.



7. ábra

Előnyei:

Egységes géptér, az üzem kezelése és szerelése áttekinthető.

A turbinacsatornák és a fenékiürítőcsatornák egymással váltakoznak, ami a turbinákra való jó rááramlást biztosítja. A gerebellenállás ennek következtében kicsi.

A turbinákon hasznosított víz áramlásának iránya nem törik meg, sőt egybeesik a vízfolyás fő áramlási irányával. Gépházra, kezelőhídra nincs szükség.

### Hátrányai :

Nem lehet Kaplan-járókereket alkalmazni, minthogy a generátor póluskereke a turbinalapátokra van felékelve. Az Arno—Fischer-féle propeller-turbina tehát erősen ingadozó töltések esetében viszonylag rossz hatásokkal hasznosít.

A turbina átmérője korlátozott, mivel a turbina, illetőleg a gáttestben levő géptér felett még biztosítani kell az árvíztömegek átfolyását.

Ebből következik, hogy az erőtelepet több kisebb egységre kell bontani.

Az üzem biztonsága kisebb, mint a többi elrendezésnél.

A gerebtisztítás nehézkes, ideiglenes elzáróberendezés nincs.

Minthogy a turbinaküszöb nagyon mélyen van, a fenékiürítő csatornákat is igen mélyre kell helyezni, ha azt akarjuk, hogy azok a hordalékmentesítés érdekében hatékonyak legyenek.

A kiegyenesített turbinacsatorna miatt a gáttest szélessége több, átlagosan mintegy 20%-kal nagyobb, mint más rendszerű erőtelepek alapszélessége.

Fentiek következtében az utófenék is hosszabban kinyúlik, ami sűrűn kanyargó folyószakaszba való beiktatását megnehezíti.

Legjelentősebb hátránya az, hogy nagyobb víznyomások esetében a szigetelés és a generátor kialakítása igen nehezen megoldható szerkesztési feladat.

Eddig tudomásom szerint 5 m-nél nagyobb átmérőjű és 5000 kW-nál nagyobb teljesítményű egységek ebben az elrendezésben nem készültek.

Véleményem szerint alkalmazási területe egyelőre kisebb és hordalékmentes vagy legalább is hordalékban szegény folyókra szorítkozhatik.

#### 4. Pillérekre megosztott erőmű (8. ábra)

A pillérekre megosztott elrendezés legnagyobbbrészt kiküszöböli azokat a hátrányokat, amelyeket az egységes erőműnél felsoroltunk. Ugyanakkor nem vonatkoznak rá a vízalatti erőmű hátrányai sem.

#### Előnyei :

A gépegységekre való vízáramlás egyenletes, a gerebellenállás kicsi.

Külön jégterelőműről nem kell gondoskodni.

A feliszapolódás szempontjából legtöbbszörre kedvezőbb, mint az egységes erőtelep.

A folyóba épített mű teljes hossza megrövidül, mégpedig a duzzasztómű pilléreinek megfelelő összméret jelentékeny hányadával.

Öblözetre nincs szükség s ezzel elmaradnak az öblözet hátrányai a hordalék- és jégjárás szempontjából.

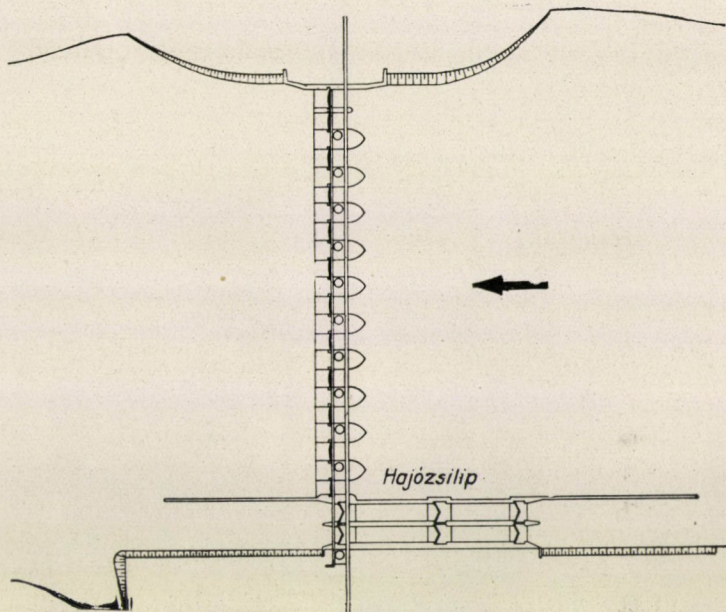
Megfelelő küszöbelrendezés kialakításával a hordaléktól mentesíteni lehet.

Az erőmű üzembiztonsága megfelelő. (Megegyezik az egységes erőművel, de kedvezőbb, mint a vízalatti erőműé).

A pillérekre megosztott erőmű sok esetben esztétikai szempontból is a legelőnyösebben alakítható ki.

### Hátrányai :

Az erőtelep üzeme nem egységes és ezzel nem áttekinthető. A szerelés is nehezebben oldható meg és kevésbé áttekinthető, mint az összefüggő gépház esetében. Az elektromos berendezés is tagolt és ennek következtében költségesebb.



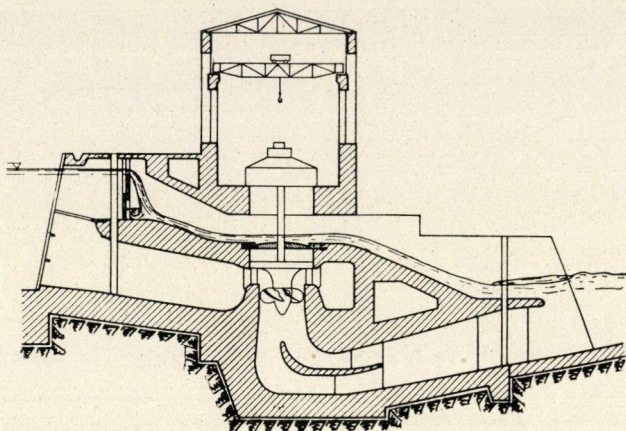
8. ábra

A pillérekre megosztott erőmű költségei tekintetében megoszlanak a vélemények. Az idevonatkozó irodalomban találunk olyan megállapításokat, amelyek szerint a pillérekre megosztott erőmű költsége lényegesen kisebb, mint az egységes erőműé. Eddig végzett vizsgálataim ezt a megállapítást megerősítik, dunai viszonylatban a pillérekre megosztott erőmű 10—20%-kal látszik kedvezőbbnek a beruházási költségek tekintetében.

### 5. Esésnövelő berendezéssel ellátott erőmű (9. ábra)

A fent felsorolt négy megoldás mindegyike ellátható esésnövelő berendezéssel. Ennek a kialakításnak a lényege az, hogy a vízerőmű kiépítési vízhozamán felüli — tehát a fölösleges — vízmennyiség egy részét olymódon hasznosítjuk, hogy velük akár a szívócsőben, akár a szívócső végénél a szabad víztérben szívóhatást hozunk létre. A fölös víztömegek kinetikai energiája impulzuscsere révén részben átadódik a turbinákból kiáramló »fáradt« víztömegnek, amelynek sebességnövekedése a szívócsőben előálló [depresszió]növekedésben jelentkezik. Ezzel tehát a hasznos esés megnövekszik. Az esésnövelő berendezés lehet ejektoros, vagy bukógátás rendszer, vagy a kettő kombinációja. Meg

kell jegyezni, hogy az esésnövelő szerkezeti kialakítására csak akkor nyílik kedvező lehetőség, ha a vízlépcső meglehetősen nagy. Megvizsgáljuk ugyan a



9. ábra

kérdést dunai viszonylatban is, de első szemléletre az esésnövelő berendezés létesítése tekintetében az adott körülmények nem mutatkoznak biztatóknak.

\*

A fentemlített változatok mindegyikét megvizsgáltuk a Visegrád-környéki vízerőművel, de az egyéb dunai vízerőlehetőségekkel kapcsolatban is. Az eddigi tájékoztató tanulmányok alapján úgy látszik, hogy mélyebb vizsgálatokra és kísérletekre két megoldást érdemes javasolni: az egységes erőművet és a pillérekre megosztott erőművet.

Pusztán elméleti megfontolások és gazdaságossági számítások alapján azonban további döntést tenni nem lehet, a részletes tervezésre, ill. kivitelre javasolható változat kikeresése és kidolgozása csakis hidrotechnikai kismintakísérletek alapján lehetséges. A kismintakísérleteknek a következő vizsgálatokra kell kiterjedniök:

a) a mű hatásának tanulmányozása a folyónak egy hosszabb szakaszába beépítve. Ennek a folyószakasznak magában kell foglalnia a műtárgy fölötti és alatti teljes kanyarulatot. Ezen a kismintán tanulmányozható a műtárgy hatása az árvíz és jég általános levonulására, a hordalékjárásra és feliszapolódásra.

Ezen a kismintán kell megállapítani a műtárgy tengelyének helyes irányát.

b) A vízlépcső részletesebben kidolgozott nagyobb méretű kismintája a vízerőmű öblével és a hajósilip várakozó tereivel, a vízlépcső műtárgyai közötti vízhozammegosztás vizsgálatára és ezzel kapcsolatban a fő áramlási képek megállapítására szolgál. Ezen a kismintán lesz tanulmányozható a műtárgy között

válaszfalak és terelőfalak szükséges hosszúsága, az öblözeteknek holtter nélkül való kialakítása, az utófenék és utóágyazat, továbbá a partvédezet szükséges hosszúsága, valamint egyéb fontos áramlástani kérdések.

c) Részletes kisminta-kísérletek a műtárgyak egyes szerkezeti elemeivel kapcsolatban.

Amíg az a) és b) pont alatt felsorolt két kísérletet három-dimenziós kísérletnek fogjuk fel, addig a további rész-kísérletek már főképpen ú. n. két-dimenziós kísérletek, azaz olyanok, amelyeket a műtárgyak egyes szerkezeti részére vonatkozólag üvegcsatorna párhuzamos falai között végeznek el. Itt a jelenségeket mint kétdimenziós, azaz síkáramlási feladatokat vizsgáljuk. Ilyen rész-kísérletek szükségesek előreláthatóan a következő szerkezeti elemekről:

A mozgó gátszerkezet az utófenékkal és az utóágyazattal, az utófenék hosszának és mélységének, továbbá az esetleges energiatörő küszöbök kialakításának megállapítása céljából.

A hajószilip töltési és ürítési rendszerére, továbbá a kapuszerkezetre vonatkozó kísérletek.

A mozgó gátszerkezet részletes kísérlete a bukófelületek és alsó szerkezeti elemek kialakításával kapcsolatosan a kedvező vízvezetés, a jó levegőztetés érdekében, továbbá a gát periódikus rázásának elkerülése céljából.

A fentiekén kívül még számos más részletvizsgálatra lehet szükség, amelyeknek taglalása azonban már nem tartozik e tanulmányba.

d) *Szivárgási kísérletek.* A Visegrád-környéki dunai vízerőművel kapcsolatban az andezit kőzetek vízzárás szempontjából való kedvező tulajdonságai miatt ilyen kísérletekre nem lesz szükség. Annál inkább kell azonban foglalkoznunk a *műtárgy körüli és alatti szivárgás kérdésével*, laboratóriumi kísérletek alapján a többi dunai vízerőművel, de *különösképpen a Felső-Duna vízerőhasznosításával kapcsolatban*. Az előfenék és utófenék hosszúságát, a szádfalak, őrfalak mélységét, továbbá az egyéb kiegészítő vízzárásokat (agyagtömítés, betonburkolat stb.) műszakilag kifogástalanul és gazdaságosan csakis kisminta-kísérletek sorozatával lehet megállapítani. Természetesen ezek a megállapítások csak laza szemcsés üledékre vonatkoznak, amennyiben valahol még jó vízzáró sziklára, vagy agyagrétegre bukkanunk, úgy ez a probléma nem merül fel.

### G) *Az építéssel kapcsolatban felmerülő hidrológiai problémák*

A dunai vízerőhasznosítás esetében — eltekintve a cseh-magyar közös szakasz esetleges üzemvízcsatornás kihasználásától — mederben, azaz *élővízben való építkezést* kell előirányoznunk.

Az építkezés során előálló különleges helyzetek megkívánják olyan hidrológiai viszonyok vizsgálatát is, amelyek sem a vízfolyás természetes állapotában, sem pedig az erőmű beépítése utáni állapotban nem fordulnak elő. A tanul-

mányoknak és a kismintakísérleteknek tehát az alábbi körülmények vizsgálatára is ki kell terjedniök :

1. A munkatér víztelenítésének megoldása az építkezés tartama alatt.
2. Az árvíz és a jég biztonságos levezetése az építési körülzárásokkal szűkített mederben. Ezeket a vizsgálatokat a körülzárás minden fokozatára külön-külön el kell végezni.

#### H) Gépészeti hidraulikus feladatok

Az erőmű gépészeti kialakításával kapcsolatban is számos hidraulika-probléma merült fel kisesésű és nagyteljesítményű, azaz nagy vízemésztésű turbinák alkalmazása esetén.

Az erőtelep belső áramlástanai viszonyainak kivizsgálása céljából célszerű a kutatásokat két fokozatban végezni :

a) A részkísérletek előtt megokolt egy olyan kismintakísérletet végezni, amelynél az előcsatorna, a csigaház, a turbina és a szívócsatorna együttesen kerül vizsgálat alá. Az ilyen átfogó kísérlet sok olyan áramlástanai jelenségre mutat rá, amelyeket a részkísérletekből nem lehet felderíteni.

b) Részkísérletek az egyes szerkezeti elemek külön-külön való vizsgálatára :

1. Csigaház-vizsgálatok.
2. Nagy nyelőképességű Kaplan-rendszerű járókerék kialakítására vonatkozó kísérletek.
3. A nagy jellemző fordulatszámú Kaplan-járókerékre vonatkozó sztrobo-szkopikus vizsgálatok, különösképpen a kavitációs jelenségek kutatására (megengedhető maximális szívómagasság meghatározása céljából).
4. Szívócsatorna-vizsgálatok.
5. Korrózió-vizsgálatok fémeknek kavitációval szemben tanúsított ellenállása meghatározására. A kísérletek célja az, hogy a drága ötvözőfémeket a lehető legkisebb mértékben fogyasszuk és ugyanakkor a hegeszthetőséget biztosítsuk. (Ezek a vizsgálatok ugyan nem hidrológiai természetűek, de mégis megemlíthetők, minthogy kapcsolatban vannak a hidraulikai viszonyoktól függő kavitációs jelenségekkel.)

## II. A hidraulikus energiatároló

A hidraulikus energiatároló elvi elrendezése hidrológiai szempontból attól függ, hogy a vízkivétel a duzzasztott vízbe, avagy az alvízbe kerül. Mint-hogy a vízkivételi mű általános elrendezésére és a vízgépek magassági elhelyezésére lényeges kihatással van a kivételi vízszint magassága és ingadozása, a hidraulikus energiatároló általános elrendezésével igazodni kell a nagy dunai vízierőmű elhelyezéséhez. Ezért, ha a nagy dunai vízierőmű megépítése későbben is történik, annak elvi elrendezési tervében, illetőleg legalább is a szelvényének kiválasztásában dönteni kell már a hidraulikus energiatároló tervezésekor.



### *A duzzasztott vízből való vízkivétel előnyei*

A felszivattyúzott víz kevesebb hordalékot tartalmaz, ami a gépek és a csővezeték korróziója szempontjából előnyös. A kivételi vízszint kevésbé ingadozó. A vízkivétel és a gépház alapozását nem kell túlságosan mélyre helyezni.

#### *Hátrányai :*

A dunai vízierőműnek ilyen elrendezés mellett a hidraulikus energiatárolóval egyidőben kell megépülnie, mert különben az említett előnyök átmenetileg nem használhatók ki. Sőt nem egyidejű építés esetén a műszaki megoldás tekintetében legnagyobb nehézségek származnak abból, hogy a műnek a dunai erőmű üzembe lépése előtt is ki kell elégítenie az üzemi követelményeket.

*Ha a vízkivétel az alsó víztérbe kerül*, akkor a fentemlített előnyök elmaradnak, viszont ezzel szemben nem függnék a mű hidraulikus üzemi viszonyai a dunai erőműtől, illetőleg annak üzembe lépésétől.

Felmerülhet még az az elgondolás is, hogy a hidraulikus energiatároló alsó vízmedencével létesül, ahová a vizet gravitációsan, vagy szivattyúzással lehet a Dunából bevezetni. Ilyen elrendezésnek nagy előnye a teljesen állandó vízkivételi szint és az igen nagymértékű víztisztaság, de megvalósítási lehetősége nagymértékben függ a telepedési és topográfiai viszonyoktól. A kérdésben még végleges állásfoglalás nem történt. Meg kell jegyeznünk, hogy alsó medence létesítése a költségeket is igen megnövelné. Viszont alapos gazdasági számítást kell még végezni arra vonatkozólag, hogy miképpen viszonylik az alsó meder létesítésével járó beruházási többlet a korrózió-okozta felújítási költségekhez.

A hidraulikus energiahatározó létesítésével kapcsolatosan tanulmányozandó legfontosabb hidrológiai kérdések :

- a vízkivételi szint ingadozása,
- a hordalék töménysége és a hordaléktöménység változása,
- a vízkivételi műnek áramlástanai szempontból való helyes kialakítása,
- a több nyomásfokozatú tározószivattyú kavitációs problémái,
- a nyomócsőben keletkező vízlökések vizsgálata.

## HOZZÁSZÓLÁSOK

MOSONYI EMIL előadásához

L. A. ELIAVA a tbiliszi Állami Vízérőmű Tervező Intézet vezetője

1. Vízérőmű kiépítési mértékének (mértékadó vízhozam) kiválasztása.

Az előadásban utalás történt az ország elméleti vízérőkészletére, mely 7,2 milliárd kWó-t tesz ki, 50%-os vízhozam-tartósság mellett. Fel kell tételni, hogy az 50%-os tartósság magas, illetőleg az 50%-os tartósságú vízhozam kicsi. Kiindulva a vízérőművek építésében szerzett gyakorlatból, a korszerű energiarendszereknél a tartósságot 30—40% határokon belül kellene elfogadni.

A Duna vízérőkihasználását vizsgálva, számításba kell venni, hogy a Duna vízjárása magasfokú természetes kiegyenlítettséggel rendelkezik, ami nagyrészt igazolja a teljesítmény növelésének, illetve a tartóssági százalék-nak csökkentését. Ezért az eddig készült vázlatos tervben felvett tartósság jelentősen kevesebb, mint 50%; amit helyesnek kell elismerni. Itt is mint minden egyes vízérőmű tervezésénél, így külön a visegrádi vízérőműnél is, energetika-gazdasági számításokkal kell véglegesen és pontosan megállapítani a kiépítés mértékét a tervezés további fokozataiban.

2. Visegrád környékén létesítendő vízérőmű típusának kiválasztása.

Igen sikerültek a vázlattervben a vízérőmű típusainak kiválasztására összehasonlítás céljából felsorolt változatok. A végleges változat kiválasztását csak nagyon pontos és részletes tervezés alapján lehet majd végrehajtani. Azonban előjáróban is lehet ebben a kérdésben általános felfogásokat megemlíteni, melyeket feltétlenül szem előtt kell tartani.

A legtöbb esetben nagyteljesítményű erőművek számára a megszokott típust, azaz a gépegyeségeknek összefüggő egységes elhelyezését szokták alkalmazni. Ez a típus még eddig mindig bevált mind üzemi, mind építési, mind pedig gazdasági szempontokból.

Az utóbbi időben a gáttestben elhelyezett erőtelepes változat felé való törekvés észlelhető. Az építési gyakorlatban mostanában több esetben, különböző teljesítményű erőműveknél a gépészeti berendezés a gáttestben nyer elhelyezést.

Ami a gépegyeségeknek és kapcsolatos berendezéseknek a pillérekben való elhelyezését illeti, a gyakorlatban csak egyes esetek ismeretesek.

Előreláthatólag ilyen megoldás nagyobb teljesítményű mű számára túlsok gépegyeséget tesz szükségessé; ennek következtében mind üzemkezeltési, áttekintési, mind az elektromos berendezés szempontjából kényelmetlenségek jelentkeznek ennél a változatnál.

Ugyanakkor a teljesítmény felaprózódásának ténye maga után vonja a berendezés és az építkezés magasabb költségeit.

Ezért kiválasztásához a legnagyobb elővigyázatossággal kell hozzákezdeni.

A Szovjetunióban jelenleg épül egy vízérőmű, ahol vízszintes tengelyű gépegyeségek a gát pilléreibe lesznek beépítve. Azonban ezen erőmű teljesítménye nem nagy és az adott megoldást az építészeti összhatás követelte meg, miután az erőmű a város területén belül épül.

3. A vízérőművek energetikai jellemzői.

Függetlenül attól, hogy a jelen konferencia célja csak hidrológiai és hidrotechnikai szempontból megvilágítani a kérdéseket, mégis helyes bemutatni az

alapvető energetikai kérdéseket is és nem felesleges megemlíteni a vízerőmű feltételezhető energetikai szerepét.

A tervezés folyamán feltétlenül pontosan le kell szögezni, milyen követeléseket fűzünk az adott vízerőműhöz, azaz, hogy az elektromos energiaigény alap- vagy csúcscrészeibe fog beledolgozni. Úgyszintén annak a lehetőségét is meg kell állapítani, hogy milyen mértékben fedezheti az elektromos vontatás csúcseit.

Az adott vízerőműnél lehet medencét létesíteni a korlátolt napi tározás számára és feltétlenül szükséges megállapítani kihasználásának célszerűségét.

4. Koordinálás a folyó többi vízerőműveivel és egyéb vízhasznosításokkal.

A vízerőművet nem lehet befejezettnek nyilvánítani, ha nem lesz kielemezve az adott vízerőmű koordinálása a folyó többi vízerőműveihez.

A visegrádi vízerőmű tervezésének meggyorsítása céljából a feladatot el lehet határolni olyképpen, hogy a Dunának felső folyását párhuzamosan erösszük tanulmány tárgyává a vázlatos terv keretein belül Pozsonytól Visetáádig. A felső szakasznak van a legnagyobb jelentősége lépcsőzése szempontjából, a szomszédos csehszlovák állammal egyeztetni kell ezt a kérdést, mint ahogyan ezt az előadó helyesen megjegyezte. Erre vonatkozólag csak azt szeretném hozzátenni, hogy a teljesség céljából az említett terv egyeztetése rendkívül fontos. Ezért arra kell törekedni, hogy Csehszlovákiával minél hamarabb tűz-zék ki a tárgyalásokat. Ezen tárgyalások alapján derítsék ki a tervezés folyamán számításba vehető csehszlovák érdekeket és a közös építés lehetőségét.

VENDL ALADÁR akadémikus :

A hazai dunai vízienergia felhasználásának gondolata már régebben is többször felmerült, de csak gondolat maradt.

Az eszme azonban 1920-ban komolyan előtérbe került. Ekkor egyik svájci érdekeltség foglalkozott azzal a tervvel, hogy a visegrádi szorosban energia-termelőtelepet létesítsenek. Az elgondolás lényege az volt, hogy Kismaros és Nagymaros közt építenek megfelelő erőművet. Az előzetes geológiai vizsgálatokat néhai elődöm : Dr. Schafarzik Ferenc és csekélységem el is végezte a helyszínen s a Műegyetem Ásvány- és Földtani Intézetében. Az összefoglaló geológiai jelentést el is küldtük. Sajnos azonban, a munka — előttem ismeretlen okokból — tovább nem folytatódott úgy, hogy már a részletes kutatófúrások sem kerültek sorra, amit már akkor nagyon sajnáltunk.

Az előadás az erőművek szempontjából főleg két szakasznak a jelentőségét emelte ki : a magyar szakasznak, elsősorban a visegrádi szoros területén és a cseh-magyar szakasznak, ami a Komárom fölötti terület s lényegileg a Kisalföld medencéje. *A visegrádi szoros földtani felépítése olyan, hogy földtani szempontból ez a terület a többit megelőzi.*

Hangsúlyozta az előadó a földtani viszonyok fontosságát, de — természetesen mint nem geológus — nem tért ki részletesen a földtani adottságokra. Ezért — mintegy kiegészítésként — röviden vázolom az említett két terület s a visegrádi szoroshoz D felé csatlakozó dunai szakasz fejlődéstörténetét anélkül, hogy a földtani részletekre kitérnék.

*A Duna poligenetikus folyó* : felső folyásától kezdve eltérő magasságban levő és eltérő korú medencék sorozatát kapcsolja össze áttörésses szakaszokkal.

*Kialakulásának egyes szakaszait legszebben az áttörésekben lehet észlelni, melyek a medencéket összekapcsolják.*

Hazánk szempontjából egyik legfontosabb áttörés a Visegrád-környéki, mely a Kisalföld és az Alföld medencéjét köti össze.

A kis Magyar Alföld folyóhálózata a fiatal harmadidőben kezdett kialakulni. A stájer és az attikai mozgások eredménye volt a bécsi, a stájer és a kisalföldi medence süllyedése. A Kisalföld északi részében a süllyedés főleg ÉK—DNy-i irányú volt. Déli részében ellenben ÉÉK—DDNy-i. A Kisalföld medencéjének teljes mélyülése a szarmaciai emelet végén, illetőleg a pliocén elején ment végbe. A pliocén közepe táján a Kisalföld önálló medencévé vált s csakhamar feltöltődött.

A bécsi öböl területéről Bruck felé irányuló vízfolyások nem vehették útjukat a Kisalföld déli részén keresztül, mert abban az irányban kiemelkedés ment végbe a Bacher hegység s a Magyar Középhegység között. Hanem keleti irányban Esztergom—Visegrád felé szállította a vizet a Kisalföldön, ekkor már nagyobb folyóvá kialakuló Duna.

A Kisalföld északi részében a Duna a levantei korszak óta főleg É felé tolódott el.

A pliocén Duna kisalföldi kanyarulatai lényegesen nagyobbak voltak a mainál. A pliocén végén és pleisztocén elején a Kisalföld északi és középső része süllyedt, így a Duna üledékei nagy vastagságban (néhol több száz méter) rakódtak le.

A süllyedt terület nagysága lassan csökkent s ez a csökkenés a pleisztocénban is tovább tartott, amit a terület D-i és K-i részén levő terraszmaradványok mutatnak. A pleisztocénban a Fertő-tó mélyedését a Duna és Rába üledékei K felől bezárták s a pleisztocén második felében kialakult a Fertő.

*A Kisalföld folyóinak kialakulásár tehát a pannóniai emelet második felére tehetjük.* A hainburgi hegyek s a Kiskárpátok közt levő mélyedésen át folyó Duna a Kisalföld medencéjében alsó szakasz jellegűvé vált s hatalmas törmelék-kúpját, a Csallóközt építette fel.

A Visegrád—Szentendre—esztergomi hegység — más néven Dunazug hegység — a Pomáz—pilisi törésvonaltól északra, illetőleg északkeletre levő beszakadt területet foglalja el. E terület egyes részei már a hárshelyi homokkő lerakódása után zökkent le több vetődés alakjában. Csak egyes rögök — Naszál, Csóvár — maradtak a felszínen.

A felső oligocénban e hegység területét már epikontinentális tenger borította. Némely kisebb terület már annyira kiemelkedett, hogy elegendő vízi üledékek is lerakódtak, helyenként gyenge szénnyomokkal. Egyes kis részek a kattiai emelet végefelé már szárazon álltak.

A miocén első időszakában valószínűleg az egész hegység szárazon állt; szárazföldi denudációs periódus alakult ki. A hegység nyugati felében ez a periódus még a burdigalai és helvéciai emelet idejében is folytatódott: itt — a hegység nyugati részében — az andezitek és tufáik az erősen letarolt felső oligocén képződményeken telepsznek. A hegység keleti részében is a miocén rövid szárazföldi periódussal kezdődhetett. Itt azonban több helyen megvannak a burdigáliai üledékek.

Főleg a helvéciai emelet után, de legnagyobb részben még a tortonai emelet előtt törtek ki az andezitek. A hegység erősen túlnyomó részét andezitek és különböző kifejlődésű tufáik építik fel. A tortonai emeletben a terület

keleti részén — pl. a visegrádi Feketehegy és Mészégetőhegyek környékén, valamint a Duna balpartja mentén, tehát a Börzsöny hegység területén Zebegegy, Nagymaros vidékén a lajtamészke roncsai is ismeretesek, részben mészhomok, részben tömöttebb mészkő alakjában. Végül a pleisztocénban a terület egyes részeit a lösz borította el.

A visegrádi áttörésben négy dunai terrasz állapítható meg *biztosan*: a legmagasabb terrasz kavicsroncsai a Duna szintje fölött átlag mintegy 80 m magasán telepsznek. Ez a terrasz a *levantei emelet első felében alakult ki* s ekkor már a pannoniai tómedencék szintje lényegesen alacsonyabbá vált. Ez alatt helyezkedik el a *fellegvári terrasz*, mintegy 41—48 m magasán. Ebbe a terraszba tartozik többek között a budai vár teteje is. Mélyebb terrasz a *városi terrasz*, mely a visegrádi áttörés vidékén mintegy 14—16 m magasán terül el a Duna szintje fölött. S végül a *legalsó terrasz* átlag 5 m magasán a Duna szintje fölött.

A fellegvári terrasz az ópleisztocén Duna lerakódása. A városi terrasz újpleisztocén; a legalsó terrasz egészen fiatal, óholocén.

A Duna ezen szorosának áttörése már a *pannoniai emelet közepe táján* megkezdődött, amit azok a kavicsroncsok tanúsítanak, melyek a levantei terrasz fölött jóval magasabban több helyen ismeretesek. A levantei időben a szoros a mai Duna szintje fölött 80 méterig vágódott be s ez az aránylag már mélyen fekvő meder kapcsolta össze a Kisalföld és az Alföld mocsaras, tavas vidékét.

A fellegvári terrasz szintjéig a bevágódás aránylag gyorsan mehetett végbe, aminek oka az lehetett, hogy a magasabb területekről időnként erősen megnövekedett vízbőségű folyók bőven táplálták a főfolyót. Később azonban a holocén felé mindinkább fogyott a Duna vízbősége s ezzel együtt munkaképessége is. A pleisztocén végén a Duna már a városi terrasz kavicsait rakta le, majd újból bevágódást kezdett meg.

A Duna terraszainak maradványait a visegrádi áttörés környékén Vác felett Visegrád, Nagymaros, Zebegegy, Szob, Pilismarót stb. területén részben már régóta ismerjük.

Szentendre nyugati részében a temető déli szélé mellett a pleisztocén dunai kavics mintegy 135 m tengerszint feletti magasságban terül el csaknem vízszintesre lenyesett andezit-tufán.

Tehát magasabban levő pannóniai térszínen folyt a *Csallóköz felől a levantei Duna*, mely ezen a területen a *mindinkább magasabbra kiemelkedő antiklinálisba belevájta magát*.

Ismeretes ugyanis, hogy a *Duna szorosa Verőce, Visegrád, Kisorozsi, Nagymaros környékén antiklinális alakot, melyet azonban vetődések is taglalnak. A Duna jobbpartján például Visegrád környékén DDNy-i és DNy-i dőlés az átlagos. A balparton éppen ellenkező dölések állapíthatók meg, pl. Verőce alatt a Duna partján kibúvó katiiai rétegek ÉÉNy—ÉNy felé dőlnek. Nagymaros, Kismaros környékén is ugyanilyen az átlagos dőlés. Biztosra vehető, hogy ez a terület ma is emelkedik.*

*A Duna szorosa az antiklinális tetején alakult ki.* A bevágódás lényegileg úgy mehetett végbe, mint az epigenetikus szurdokok képződése olyan területeken, hol a felső laza törmelékes kőzetek alatt keményebb, ellenállóbb kőzetek fekszenek: a folyó a felül levő puhább, könnyebben erodálódó kőzetbe vájja be a medrét; majd kénytelen az alul levő keményebb kőzetbe is bevágódni, mert irányát megtartja, azért, mert a kipreparált meder magas partfala a felül levő lágyabb kőzetben alig enged meg oldali kitérést. Így az epigenetikus szurdok

a kemény kőzetben mindig kimélyül. A folyó bevágódása a kiemelkedő antiklinálisba is ilyen módon képzelhető el. Itt a kemény kőzet kipreparálását jórésben az antiklinális kiemelkedése segíti elő. A kiemelkedésnek, illetőleg a bevágódásnak következménye, hogy mélyebb képződmények is felszínre kerültek, pl. a Verőce, és a Buki-csárda közti szakaszon a kattiai, jellegzetes, Pectunculus-tartalmú rétegek.

A pleisztocén kezdetén a szoros környékének mai morfológiája nagyjában már kialakult. Erre vall a lösz helyzete: a lösz fedi azokat a laposabb területeket, melyek az akkori Duna medrét környékezik. A lösz alatt levő pleisztocén-terasz kavicsroncsai a Duna ottani mai szintje fölött mintegy 30—40 m magasán helyezkednek el.

A visegrádi szoros áttörése után a hegység alatt a levantei síkságon a Duna alsószakaszjellegűvé vált, a hordalékát hatalmas törmelékkúp alakjában rakta le, melyet állandóan épített és fejlesztett előbbre az Alföldet elfoglaló mocsaras levantei tó felé. Ez a hatalmas törmelékkúp Cegléd, Kecskemét tájáig, sőt még mélyebbre is belenyúlt az alföldi mocsaras medencébe. Ezen a területen a Duna ágai helyzetüket és irányukat többször változtatták s ezért a kavicsnak és a homoknak egymással való sűrű váltakozása jellemző itt. Ennek a levantei törmelékkúpnak roncsai ma mintegy szigetek alakjában helyezkednek el a fiatalabb dunai törmeléklerakódások közt, pl. Pestszentlőrinc mellett. Sokan úgy vélik, hogy a folyó, illetőleg egyik ága a pestszentlőrinci területről DK felé Pilis irányában s azon túl a Gerje- (Ceglédi ér) mentén a mai Tisza völgye felé folyt.

A törmelékkúp mintegy 50—52 km hosszú, közepetáján 18—20 km, Ecsér és Budafok közt mintegy 20 km széles volt; a déli végén Vecsés és Soroksár irányában az Alföldbe olvadt bele.

A pestszentlőrinci levantei kavics telep magassága: 140—144 m. A Rákoskeresztúr, P. Gyal és Alsónémedi melletti kavicsok volnának Halavács szerint levanteiek.

A pleisztocén elején a Duna ezen a törmelékkúpon alig vájta mélyebbre medrét, hanem inkább feltöltötte, hordalékának egy részét, kavics, homok, iszap alakjában visszahagyván. Ekkor Budapest környékén természetesen még nem voltak meg azok a völgyek, amelyek ma a pleisztocén Dunánál mélyebb helyzetűek. Pl. a Gellérthegy közvetlenül összefüggött a Várhegygel, mely lankás lejtőben folytatódott a Széchenyi-hegy felé, a Rózsadombot a Várhegytől nem választotta el völgy; az óbudai, a lágymányosi lapály hiányzott. Az ekkor folyt Duna hordalékát megtaláljuk a régi óbudai temető déli szélén, a Táborhegy keleti lejtőjén, a kiscelli párkánysíkon, a Várhegyen, Kőbányán, Pestszentlőrincen stb.

A pleisztocén második felében érte el a törmelékkúp legnagyobb kiterjedését, mikor felső csúcsa Nógrádverőce felett lehetett.

A pannóniai kor végéig a budai ősi melegforrások sorozata a mediterrántól kezdve a budaörsi—budai törések nyálábján helyezkedtek el.

A levantei korszakban azután az alföldi terület tavai tükrének erős le szállása, a budai hegységek keletről szegélyező s már eddig is preformált vetődések erősebb kialakulása s a hegységek keleti és délkeleti tővénel levő terciér terület süllyedése ment végbe. A Duna is ezt a depressziós területet érte el s medrének kimélyítése itt, a budai hegyek keleti lábánál indult meg a visegrádi szoros áttörésével karöltve. Itt a budai hegyek keleti szélén a térszín tehát

erősen mélyült. Az ilyen módon már mélyebben levő Duna partján, tehát a termák új vonalán jelentkeztek a meleg források lényegesen alacsonyabb térszínen (180—250 m tszf.) az eredeti, mintegy 400 m tszf. magassághoz képest mert az erősen megcsökkent hidrosztatikai nyomás miatt nem emelkedhetett fel vizük az eredeti magasságra.

A pleisztocén első felében a mai Duna magasságában a mai Duna partján fakadó melegforrások az akkori hidrosztatikai viszonyoknak megfelelően az akkori Duna mentén ömlöttek a felszínre. Forrástavaikban édesvízi mészkő rakodott le, a Duna árterületének iszapos, homokos, kavicsos üledékére (Várhegy, Mátyáshegy keleti része, a kiscelli fennsík, Táborhegy keleti szegélye, Rózsadomb, Lipótmező, Ürömhegy, Péterhegy stb.).

A pleisztocén végefelé a Duna termák mai vonala mellett mélyítette medrét, saját hordalékát részben elhordta. Eközben a budai hegyek mai vidékétől kissé kelet felé elkanyarodott. A pleisztocén utolsó szakaszában területünk éghajlata kevésbé csapadékos lehetett és az erősebb szelek megkezdték az ártéri homok kifúvását s ekkor indult meg ÉNy—DK-i irányú buckavonulatok kialakulása.

A holocén elején a folyó visszatért nyugat felé a hegység tövéhez a Várhegy tetejénél mintegy 40 méterrel mélyebb szintben. A Duna tükrének ezen mélyebb helyzete idézte elő azon völgyek mélyebb bevágódását, melyek ma a Várhegyet, Rózsadombot, Naphegyet, Gellérthegyet, Sashegyet, Szabadsághegyet stb. elválasztják egymástól. A Duna tükrének alászállása maga után vonta, hogy a megcsökkent hidrosztatikai nyomásnak megfelelően a melegforrások helyei is mélyebbre kerültek a mai termák vonalára.

A jelenkor újabb időszakában a Duna a budai oldal északi és déli részén a hegység tövétől elkanyarodott K felé és lényegében mai medrét foglalta el. Egyik ága a Nagykörút tájékán húzódott. Az Óbudán és a Lágymányoson levő lapos terület a folyónak az óholocén üledékeivel borított terrasza.

OTTO DUB egy. m. tanár (Állami Vízgazdálkodási Kutató Intézet Pozsony)

A vízgyűjtőterületen eső formájában lehullott víz (csapadék) lefolyik, miközben egy része az úton elpárolog közvetlenül, vagy a növényi takaróból, egy része pedig beszívódik a földbe és folytatja útját a lejtőn lefelé, amíg a felszínre nem kerül forrás formájában, vagy természetes medrekbe nem torkollik. Ezt a bonyolult folyamatot közvetlenül észlelni természetesen nagyon nehéz, de végösszegben, egy hosszabb időszakon át, úgy nyilvánul meg, mint a lehullott csapadék és a lefolyásra kerülő vízmennyiség közötti egyszerű összefüggés, amelyet egyensúlyi egyenlettel fejezhetünk ki. Mindkét értéket aránylag könnyen és megfelelő pontossággal tudjuk mérni. Ha a vízgyűjtő terület elemi részét vizsgáljuk, feltételezhetjük, hogy a leírt folyamat teljes egészében meglehetősen kis területen zajlik le, úgy hogy a terület-egységekről lefolyásra kerülő vízhozamok hosszabb időszak átlagát tekintve, közelítőleg egyformák. Az ilyen kis terület-egységről (km<sup>2</sup>, vagy hektár) származó vízhozamot *fajlagos lefolyás*nak nevezzük és ezt könnyen meghatározhatjuk.

Ha ilyen egyszerűsítő feltételekből indulunk ki, minden fajlagos lefolyás jellemzett vízmennyiségnek meg kell tennie az utat a térszínen vagy a talajban a befogadóhoz (a befogadón érték most bármilyen összegyűlt víztömeget) és ezt követően a vízfolyás torkolatához a legmélyebb területekre. Ennek meg-

felelően a víz munkát végez, amelynek értéke egyenes arányban van a fajlagos lefolyás nagyságával és a keletkezési helynek a legmélyebb területrészek (torkolat) feletti magasság különbségével. A víznek ez a munkája a mozgását akadályozó *súrlódási erők leküzdésére* fordítódik és abban nyilvánul meg, hogy az *összegyülekező vizek a kisebb talajrészecskéket magukkal ragadják, a nagyobbakat felaprózzák és a folyó medrébe szállítják*, ahol ezek mint *lebegtetett vagy fenéken görgetett hordalék folytatják útjukat*. A vízmozgás ilyen hatásának eredményeképpen, amelyet erózióknak nevezünk, a térszín domborzati egyenetlenségeinek lesímítása, lekoptatása és a völgyek kialakulása történik meg. Meg kell említeni, hogy ezeknek a jelenségeknek az intenzitása a fentebb említett körülmények mellett, még számos más morfológiai, geológiai, növényzeti stb. adottságtól is függ, de alapvetően mégis a víz munkájának a függvénye. Ennek megfelelően *a végzett munka nagyságát a fenti hatással mérhetjük*.

A víznek ez ellen a túlnyomóan káros hatása ellen különböző műszaki és mezőgazdasági megoldásokkal védekezünk, másrésztől igyekszünk a víznek ezt a munkavégző képességét hasznosítani, hogy ennek a haszon nélkül elpazarló energiájának egy részét megnyerjük. Ilyen esetekben természetesen tudnunk kell azt is, milyen energiaforrások állnak rendelkezésünkre és ezek hogyan helyezkednek el.

*Ezideig a főbb vízfolyások elméleti vízerőkészletének meghatározására szorítókoztunk és az ennek megfelelő vízerőkatasztert készítettük el. A vízgyűjtő területen lejátszódó energiaátalakulási folyamatokról közelebbi ismereteink teljesen hiányoztak. Úgy gondolom tehát, hogy ennek a kérdésnek vizsgálata hasznos lesz annál is inkább, mert már a korábbi munkák adatait is felhasználhatjuk. (Szerző: Szlovákia felszíni vizei, mint vízellátási források, Paliva a voda, 1949.)*

A hipszometrikus vonalakat és a fajlagos lefolyás izometrikus vonalait tartalmazó térképek segítségével megfelelő képletek megadják *bármely fajlagos lefolyáshoz tartozó energiamentységet*. Ezekben a képletekben a vízhozam helyett a fajlagos lefolyás ( $\text{m}^3/\text{sec}/\text{km}^2$ ) az esés helyett a vizsgált hely és a torkolat legmélyebb pontja vagy az országhatár közötti magasságkülönbség fog szerepelni. Az így kapott adatokból összeállíthatjuk az *»energia modulusok« izometrikus vonalainak térképét* is, ami feladatunk megoldását jelenti. Valamely terület vízerőkészletének átlagértékét ezután éppúgy meghatározhatjuk, mint az átlagos domborzati magasságot a rétegvonalak alapján. *Meghatározhatjuk valamely vízgyűjtőterület teljes elméleti vízerőkészletét is*. Eközben úgy járunk el, hogy a mellékfolyók vízgyűjtő területének vízerőkészletéből levonjuk a vizsgált mellékfolyó átlagos energiakészletét a mellékfolyó torkolata és a befogadó torkolata közötti szakaszra vonatkoztatva. Hasonlóképpen a vízgyűjtő területe és a mellékfolyókban mozgó vizek energiakészletét úgy kapjuk, hogy az elméleti energiakészlet összegéből levonjuk a főmeder energiakészletét.

Úgy gondoljuk, hogy ennek a munkának az eredménye nemcsak az elméleti vízerőkészletről ad érdekes képet, hanem *gyors áttekintést ad a vízerőkészlet eloszlásáról és a legkedvezőbb vízerőhasznosítási lehetőségekről*. Saját tapasztalatainkból mondhatjuk, hogy Szlovákiában hasonló tervezeteknél hasznosan vesszük ezeket figyelembe. Feltételezhetjük, hogy összefüggést sikerül majd kimutatni a vízgyűjtő területen mozgó vízenergiakészlet és a mederben mozgó hordalék mennyisége között, amelyek segítségével a víz hordalékosságának gyors meghatározása válik lehetővé, amelynek az ipari vízhasznosításban nagy jelentősége van.



FRANTISEK GROSSMANN okl. mérnök (Csehszlovák Építésügyi Min. Prága)

A Duna olyan nagy energiaforrás, amelyet mindkét népi demokráciának ki kell használnia. A probléma teljes megoldása közös munka eredménve lesz. A legjobb gazdasági és műszaki feltételek tekintetbevételével, ezek alapján fogunk tervezni. Leglényegesebbnek a Pozsony—Gönyű közötti szakaszt kell számítani. Jó kihasználással, reméljük, 40%-kal még többet fogunk elérni, mint amit Mosonyi előadásában jelzett. Igen fontos hajózási és gazdasági érdekeket is szem előtt kell tartani. A kérdés egységes eldöntése gazdasági komplexumot kell, hogy képezzen. Három nagyon fontos probléma van :

1. hordalék (erről már beszéltünk),
2. a műtárgyak jó megtervezése,
3. a talaj átérésztőképessége, amely itt sokkal nehezebb probléma lesz, mint a Tiszánál.

A végeredményt a három fentemlített körülmény fogja meghatározni. A lépcsős megoldás a folyó medrében nehéz, talán megvalósíthatatlan. Reméljük, hogy ennek a nehéz problémának megoldásában segítségünkre lesznek tapasztalatokkal rendelkező szovjet barátaink. Nálunk kisesésű folyókban nem épülnek vízerőművek. Vannak nagyobb esésű folyóban elhelyezett vízerőműveink, itt nem tározómedencés, hanem vízlépcsős megoldást gondolunk. Ezeket a nagy esésű folyókon tudtuk tanulmányozni, hogy milyen nagy fontosságúak a vízerőműlétesítések. Nemcsak a hordalékok káros hatásáról beszélünk, hanem hogy a csatornába való bemenetelük, turbinába való jutásuk után milyen hatást fejtenek ki. Čabelka hosszú gyakorlati tapasztalatok és kísérletek után a következő megállapításra jutott : a műtárgy egy egészen kis kanyarulatban van elhelyezve. A turbinákra eső víz majdnem egészen egyenesirányú áramlású. A befolyási és kifolyási tengely tompa szöget képez. Ezzel a megoldással részben csökkentjük a hordalék bejutását és a gyakorlatban a veszteséget kiküszöböljük. A gépegységek majdnem mind egyforma munkával dolgoznak. Pilléres megoldásnál az fog megtörténni, ami a klasszikus megoldásnál, hogy a gépegységek nagyon takarva volnának és működésük csökkenne. A hajószilipet és a kamrákat a másik, konvex oldalra helyezzük. Mégegyszer hangsúlyozzuk, hogy törpe vízerőművekről van szó, amelyek kis folyókon, gyors és nagy esés mellett épülnek.

BARTOS ISTVÁN okl. mérnök

A dunai vízerőművek létesítésével kapcsolatban rendkívüli mély- és víz-építési kapacitási mozgósításra van szükség. Erre vonatkozólag csak néhány tájékoztató számadatot kívánok bemutatni. A Vízerőmű Tervező Iroda legújabbban készült tájékoztató vázlatterveinek figyelembevételével az 1952—59-es időszakban, tehát a 10 éves energiagazdasági terv keretében a tiszabói és szegedi vízlépcsők, továbbá az I. nagy dunai vízerőmű és a hidraulikus energiátározó felépítéséhez nagyjából a következő fontosabb munkamennyiségeket kell elvégezni :

kb. 800 000 m<sup>3</sup> beton- és vasbeton-munka

kb. 100 000 m<sup>2</sup> vasszádfal leverése ideglenes zárógáták és végleges őrfalak céljából. A vasszádfal mennyisége esetleg nagyrésztben keszonmunkával lesz helyettesítendő.

kb. 1,2 millió m<sup>3</sup> földmunka,

kb. 1 millió m<sup>3</sup> sziklamunka stb.

A fenti mennyiségek a hazai víziműtárgyak építésében igen progresszív emelkedést mutatnak. Gondoljunk csak arra, hogy a harmincas években épült békésszentandrási duzzasztómű, amely a régi kapitalista Magyarországnak legnagyobb, e típusban első víziműtárgya volt, összesen csak 6000 m<sup>3</sup> beton, illetőleg vasbeton beépítését tette szükségessé. Ennek a betonmennyiségnek 150-szeresét kívánjuk a 10 éves terv hátralevő 8 évében beépíteni. De nem kapnánk helyes képet a kérdésről, ha csak a munkamennyiségeket néznők. *A végrehajtandó munkák minőség tekintetében is messze jelül kell, hogy müljál: az eddig végzett munkáinkat és szembeszökő az a különbség, amit az építés végrehajtása műszaki problémáiban jelent egy dunai vízerőmű létesítése, egy kőrösi, de még egy tiszai vízlépcsővel szemben is. A Duna a kontinens második legnagyobb folyója, amelynek közel 10 000 m<sup>3</sup>/sec árvízmenyiségét minden kár és minden kockázat nélkül kell levezetni az építés éveit alatt. Ugyanakkor el kell háritanunk azokat a veszélyeket is, amelyeket akár kis víz, akár nagy víz idején a jégzajlásból, tartós nagy hidegből eredő esetleges jégtorlaszok okozhatnak. Ezekre a jelenségekre Lászlóffy Woldemár is már rámutatott ma dél-előtti előadásában, de itt nyomatékosan fel kell hívni a figyelmet mégegyszer arra, hogy a mélyépítési munkáknak zavartalan és jó hatásfokú végrehajtása a Duna hidrológiai adottságai mellett egy rendkívül nagy körültekintést igénylő munka, amihez fogható Magyarországon még eddig nem volt.*

2. A hozzászólásban vázolt első gondolatmenetből önként értetőleg fakad az a második elgondolás, illetőleg párhuzamvonal, amire a következőkben akarok rámutatni. Fel kell hívni illetékes és tudományos köreink figyelmét, hogy igen nagy különbség van a tiszai vízlépcsők tudományos műszaki előkészítése és a dunai vízerőhasznosítás hasonló jellegű előkészítése között. Közismert tény, hogy a Tisza-csatornázás gondolata és kidolgozása csak az ország felszabadulása után a megváltozott viszonyoknak és szocialista gazdálkodás követelményeinek megfelelően merült fel. A régi Magyarország csak szinguláris vízlépcsők létesítésével foglalkozott, de ennek ellenére tagadhatatlan, hogy szakembereink és tudósaink hosszú évek, sőt több mint egy évtized óta behatóan foglalkoznak a Tisza teljes vízrendszerének hidrológiai kutatásával. Ezen a téren jelentékeny tudományos eredményeket hoztak ki és publikáltak. Ezek a vizsgálatok ugyan, amint már említettem, csak a tiszalöki vízlépcső, mint önálló mű előkészítését célozták, de ennek ellenére az összegyűjtött és tudományosan feldolgozott anyag részben közvetlenül, részben a megváltozott körülményeknek megfelelő átcsoportosítás útján, illetőleg bizonyos kiegészítésekkel, használható a Tisza-csatornázás előkészítése szempontjából is. Amikor az ország felszabadulása után a Tisza-csatornázás és ezzel együtt az egész Tiszavölgy természetes átalakításának a terve felmerült, ugyancsak hozzáfogtunk a kérdések további tanulmányozásához, a szükséges mérések bővítéséhez, fejlesztéséhez. Az ország felszabadulása óta is kb. 1947 óta, tehát immáron négy éve foglalkozunk behatóan a Tisza-csatornázás és az egész Tisza-völgy hidrológiai problémáival.

Ezzel szemben viszont a dunai kérdés távolról sincs ennyire előkészítve. *A Duna vízerőhasznosítása olyan módon, mint ahogyan azt most tervezzük, az ország felszabadulása előtt szóba sem került.* Felmerültek ugyan elgondolások a Duna-ágak kihasználása érdekében, de ezek eltörpülnek ahhoz a tervezetthez képest, hogy a Dunát több helyen folyami vízlépcsőkkel zárjuk el. Nyilvánvaló, hogy ez a kérdés még nagyobb előkészítést igényelne, mint a tiszai s ezzel szemben tulajdonképpen komolyabban csak egy év óta foglalkozunk vele, de még ez év

alatt sem olyan intenzitással, mint ahogy azt a Tisza-csatornázással kapcsolatban végeztük. A hidrológiai előkészítés ki nem elégítő volta igen nagy veszélyeket, kockázatot rejt magában. Ugyanakkor azonban fokozódó energia-szükségletünk kielégítése miatt nem engedhetjük meg azt, hogy többéves, vagy évtizedes előmunkálatokkal, vizsgálatokkal toljuk el a dunai vízerőművek megvalósítását. A két ellentétes szempont csak oly módon hidalható át megnyugtató módon, ha *a rövidebb ideig tartó vizsgálatokat nagyobb intenzitással végezzük. Ez a nagyobb intenzitás a tudományos munkálatokra, a hidrológiai előkészítésre való nagyobb fajlagos beruházást tesz szükségessé s emellett megfelelő tudományosan képzett szakkaderek mozgósítását. A kérdéssel foglalkozó szerveket megfelelően képzett szakemberekkel alaposan ki kell egészíteni, bővíteni, hogy a dunai probléma megoldásában helytállhassanak.*

3. A fenti gondolatmenetből fakad végül az a harmadik megjegyzésem, amit javaslatnak is szánok, hogy a dunai vízerőmű létesítésével kapcsolatos modellkísérletek mielőbbi megvalósítását egyik legfontosabb feladatunknak kell kitűzni. *Ilyen nagyjelentőségű és nagyjelentőségű vízi műtárgyak terheit és építésüknek előkészítését csak akkor lehet megnyugtatóan elvégezni, ha igen beható modellkísérleti vizsgálatoknak vetjük alá a felmerülő tervvázlatokat.* Ugyanakkor a modellkísérlet eredményei csak akkor hasznosíthatók jól, ha a modellek viszonylag nagyméretűek. A Műegyetem két tanszékének laboratóriuma már köztudomásúan nem elegendő e nagy feladatok teljes végrehajtására s ezért merült fel az állami nagy hidrotechnikai laboratórium létesítésének szükségessége. Amellett, hogy a műegyetemi laboratóriumok igen sok részfeladatot kapnának, *a dunai vízerőhasznosítással kapcsolatban szükség van olyan nagy átfogó kísérletek elvégzésére, amelyek csak a most tervezett nagy laboratóriumban hajthatók végre.* Nehogy tehát abba a hibába essünk, hogy a laboratórium elkésve készüljön el, illetőleg lépjen üzembe a dunai vízerőművek tervezéséhez képest, javaslom, hogy az Akadémia vizsgálja meg azt a kérdést, hogy miképpen lehetne a nagy hidrotechnikai laboratóriumot a lehető leggyorsabban — ha csak egyes részleteiben is — megvalósítani. A tiszai vízlépcsők a dunai vízerőmű és a hidraulikus energiátároló jóval 2 milliárdon felüli beruházás, egyéb vízi-műtárgyakról nem is szólok. Ezeknek helyes és korszerű megvalósításához az összesen 30 millió Ft körüli beruházást igénylő nagylaboratórium felépítése elenyészően csekély kiadás. *A Szovjetunió hidrotechnikai építéseiből is példát meríthetünk, ahol a vízi műtárgyakkal kapcsolatban hatalmas laboratóriumok évenként keresztül komoly előkészítéssel vizsgálják a felmerülő tervváltozatokat, hogy a leggazdaságosabb és műszakilag leghelyesebb megoldásokat kikeressék.*

HELLER LÁSZLÓ műegy. m. tanár

Mosonyi előadásához mint kalorikus mérnök szólok hozzá, ami nem jelenti azt, hogy saját szakmámnak szempontjait kívánnám érvényesíteni, csupán annyit, hogy a kérdést kalorikus szemszögből kívánom megvilágítani.

Mint energiagazdász, szeretettel kezelem ezt a problémát. Megítélésem szerint, *ha a hidraulikus erőmű azonos áramköltséget eredményez, mint a kalorikus, úgy a hidraulikust kell előnyben részesíteni.* A vízerőmű ugyanis, eltekintve attól, hogy ha már egyszer megépült, üzemvitele sokkal kedvezőbb munkafeltételeket jelent, a szén megtakarításával lehetővé teszi, hogy szénkincsünkkel hosszabb ideig gazdálkodhassunk.

*Az összehasonlításnak azonban teljesen azonos alapon kell történnie és így nem engedhető meg, hogy amíg hőerőműveink kihasználási óraszámánál a*

fogyasztói oldalról meghatározott értékkel számolunk, addig vízerőművek kiépítésénél a kihasználási óraszámot nem a fogyasztói oldalról, hanem a rendelkezésre álló vízmennyiség oldaláról határozzuk meg.

Az összehasonlító számításoknál *döntő tényezőként szerepel a kalorikus erőművek szénköltsége*. Ahhoz, hogy helyes eredményhez jussunk, természetesen elengedhetetlen, hogy a szénnek nem valamely egyéb gazdasági megfontolások alapján kialakított árát, hanem a valóságos önköltségét vegyük figyelembe. Ez igen nehéz probléma, de ahhoz, hogy pontosan számolhassunk, feltétlenül szükséges, hogy ezt az önköltségszámítást egyszer a legnagyobb alapos-sággal elvégezzük.

Ami a tározó erőmű kérdését illeti, szükségesnek tartom, hogy az »alaperőmű vagy tározó erőmű« kérdését általánosságban rendezzük. A fogyasztói oldalról támasztott többletigény kielégítésére megvan ugyanis a lehetőség úgy alaperőművek, mint tározó, ill. csúcserőművek építésével. Ha ennek a kérdésnek tisztázása azt az eredményt hozná, hogy helyes a csúcserőművek bizonyos mértékben való kiépítése, úgy természetesen megint felmerül a kérdés, hogy a csúcserőmű kalorikus vagy hidraulikus erőmű legyen. A tározásra ugyanis nemcsak hidraulikusan, de kalorikusan is megvan a lehetőség, ha az éjszakai fölös kalorikus energiát kívánjuk felhasználni erre a célra.

Ha a számítások azonos gazdaságosságot eredményeznének mindkét rendszerre, úgy megítélésem szerint megint csak a hidraulikus erőmű részesítendő előnyben, mivel a például Visegrádon tervezett hidraulikus tározómű azzal az előnnyel járna, hogy nemcsak a kalorikus áramtermelés, hanem a később ugyancsak Visegrádnál megépítendő nagy hidraulikus erőmű éjszakai fölös energiáit is tározni tudná. Egyébként a javasolt hidraulikus tározómű *egyik legfőbb előnyét* abban látom, hogy a tározás lényegében *szénmegtakarítást* fog jelenteni. Számításaim szerint ugyanis egy például normál terhelésnél 3000 kcal/kWó szénköltséggel dolgozó erőmű az éjszakai rossz kihasználású időszakban mindössze 1700 kcal/kWó szénköltséggel termeli az áramot, míg ugyanez az erőmű a maximális terhelésnél 5—6000 szénkalóriát fogyaszt termelt kWó-ként. Ha tehát a kétszeres transzformáció veszteségei ezt a különbséget nem emésztik fel, úgy a tározómű végeredményben szénmegtakarítást fog jelenteni.

Végül a tározómű teljesítőképességét az előzőknek megfelelően addig a mértékig kell nézetem szerint kiépíteni, ameddig még szénmegtakarítás érhető el ezáltal. Ha azonban a tározómű befektetési költségei alacsonyabbak lennének, mint egy új kalorikus alaperőmű befektetési költségei, akkor természetesen nincs szükség arra, hogy a hidraulikus tározómű szénmegtakarítással is járjon, hanem az áramköltséget jelentő összes tényezők együttes értéke kell, hogy alacsonyabb legyen annál, ami az új kalorikus alaperőműnél adódna. Ugyanez vonatkozik természetesen a kalorikus tározóművel való összehasonlítás esetére is.

SZÉCHY KÁROLY Kossuth-díjas mérnök

Az alapozási mérnök szempontjából tekintve az előadást, nyilvánvaló, hogy az alapozási lehetőségeket a geológiai adottságokra kell felépíteni.

A problémák 3 csoportra oszthatók :

1. *A betöltéselés kérdése*, tehát a tárolómedencét bezáró feltöltések helyes megépítése, ami nem egyszerű, különösen akkor nem, ha az Esztergom fölötti Duna-szakaszon létesítendő közös duzzasztómű kerül előtérbe. Itt egyrészt

olyan területről van szó, amelynek védelme a mezőgazdaságilag rendkívül értékes terület védelme szempontjából fontos, másrészt a védőtöltéseket olyan geológiai területen kell felépíteni, amelynek áteresztőképessége rendkívül nagy. Az ezen a területen lévő jelenlegi árvízvédelmi töltések alatti talaj áteresztőképessége is rendkívül nagy és ezek az árvízvédelmi töltések sem voltak elég biztonságosak. Duzzasztómú esetében fokozottan jelentkeznek a bajok, a töltések alatti szivárgások az ú. n. »fakadó vizek« következtében. A védőtöltések anyagát úgy kell megválasztani, hogy az átszivárgás ellen biztonságot adjanak. Az alattuk levő talaj tömítésénél mesterséges talajszilárdítási eljárásokra is lehet gondolni. Alapozás szempontjából a töltések megépítése ugyan a legegyszerűbbnek látszik, de előtanulmányokat kíván és azokhoz máris hozzá kell fogni.

2. *Az építés végrehajtása.* A Duna medrében ezzel kapcsolatban komoly feladatok vannak. A munkagödör-biztosítás körülzárással, körül-töltésezéssel is elképzelhető, de ez a Duna visegrádi szorulatában nem igen célszerű, tehát modernebb rendszerhez kellene fordulni. Elsősorban a sejtfalas zárógáttakkal való körülzárás merülhet fel. Nálunk ilyen körülzárást még nem építettek. Egyenes szelvényű szádfalakból önmagában véve merev, megfelelő átmérőjű vízzárógátfalat beépíteni a folyó medrébe több munkagödör-szakaszban szintén nem könnyű feladat ugyan, de már sokszorosan sikerrel megoldott lehetőség. Mivel a víz elvezetésére készített mesterséges alagútról a mi esetünkben beszélni reálisan nem lehet, tehát több munkagödör kell: 3—4. Ezek körülhatárolását tehát sejtfalas zárógáttal lehetne megoldani. Előnyük, hogy önmagában véve merevek, belső támasztás nem kell. Problémát a talajba való befogásuk vet fel. Itt rendkívül veszélyes a hidraulikus talajtörés, aminek következtében az egész zárógát beomolhat. A hidraulikus törés veszélye a talaj áteresztőképességével együtt nő. Az Esztergom fölötti szakaszon alluviális rétegek nagy vastagságával állunk szemben, ahol nem elég a munkagödört oldalról körülzárni, hanem az alsó mesterséges zárást is meg kell oldani. Vízalatti betonnal vagy talajvízszintsüllyesztéssel szoktuk ezt végrehajtani, ilyen nagy munkálatoknál esetleg a modern talajszilárdítás eszközeivel kell a zárást megvalósítani. Ezt is ki kellene kísérletezni. A veszélyt fokozza, ha a zárógátak mélysége a kimosás következtében csökken. Külső kimosás elleni védekezésről is gondoskodni kell, ami szintén komoly probléma. (Főként a csallóközi szakaszon.) Visegrádnál a szilárd kőzet valószínűleg igen vékony alluviális rétegekkel van takarva, itt éppen a kőzet szilárdsága folytán ütközik nehézségbe a védő körülzárás beépítése. Egymás mellé süllyesztő-szekrényeket lesüllyesztve kellene megépíteni a gáttestet, s a süllyesztő-szekrényeknek nagyméretűeknek kellene lenniök. A lesüllyesztés nehéz feladat, csak robbantással lehetne előrehaladni. Itt a tömítés és kapcsolat kérdése komoly munkát igényel. Felmerülhet bűvárharanggal történő alapozás kérdése is, amikor fokozatos felhúzás mellett fokozatosan lehet felépíteni légnomásos munkatérben a gáttestet. Ez a kapcsolati problémákat is egyszerűbbé teszi.

3. *A mű biztonsága.* Az alap végleges elhelyezése és bekötése a talajrétegbe, amely a művet hordja. Itt a szilárd talajnak előnyei vannak. A mű alapjait szilárdságilag és építőanyag szempontjából fixen megfoghatóvá téve szilárd kőzetbe tenné beépíthetővé, tehát a statika szabályai szerint lehetne egészen határozott biztonsággal az építményt megtervezni. Ennek kedvezőtlen lehetőségei is lehetnek. Ezek a hegységek még nem régen mozgásban voltak. Vetődésekkel kell számolni, esetleg alluviális lerakódások vannak beékelődve,

Hozzászólásomban csupán az alapozó mérnök felbukkanó gondolatait és az ezzel kapcsolatban szükséges előkészítő munkákat vetettem fel. Bármelyik megoldás kerül szóba, a kísérletek hosszú sorát kell elvégezni és mindenkinek össze kell fogni ahhoz, hogy ezt a nagyszabású művet megvalósítsuk. Biztos vagyok benne, hogy mindannyian szívesen leszünk vízépítő kartársaink segítségére.

PATTANTYÚS Á. GÉZA műegy. ny. r. tanár

Műegyetemi tanári minőségemben a műszaki felsőoktatás és a tudományos kísérleti kutatás vonalán kívánom az előadást egy-egy gondolattal kiegészíteni.

1. *A vízgépész feladatköre.* Az előadásból és a hozzászólásokból világosan kidomborodott a megoldásra váró feladatok sokrétűsége. A dunai vízerőközpont tervszerű kiaknázására legalkalmasabb — és a természeti adottságokhoz is a legjobban igazodó megoldások keresésében a gépészmérnök szerepe nem szorítkozhatik csupán a vízerőmű gépeinek szerkesztésére és üzembeállítására, hanem már az első keretterv készítésétől kezdődően mindvégig »vígépészik« minőségben állandó munkatársként szoros együttműködésben kell dolgoznia a vízépítő és mélyépítő mérnökkel, a villamos mérnökkel és az energiagazdálkodóval.

Alapos szerkezetani, üzemtani és áramlástanai tárgyismereten felül tehát ismernie kell a vízerőhasznosítás földrajzi, topográfiai, hidrológiai és geológiai vonatkozásait és átfogó nagyvonalúsággal meg kell látnia az országos vízgazdálkodás és energiagazdálkodás magyar problémáinak távlatait is.

*A multban a magyar vízerőhasznosítás kérdése* — itt nem részletezett okoknál fogva — *energiagazdálkodásunknak mostohagyermeké volt.* Műegyetemünk tanulmányi rendje sem vetett súlyt a gépészmérnöki oktatásnak ezen a területen való kifejlesztésére, hanem — géplaboratóriumi felszerelésünk hiányossága miatt amúgysem kielégítő gyakorlati oktatásunk színvonalát tantervmódosítással is még jobban lerontotta.

Súlyos és ma már jóvátehetetlen hiba volt Bánki Dónát professzornak egy emberöltővel ezelőtt történt elhalálózásával megüresedett tanszékének csaknem egy évtizeden át betöltetlenül hagyása és ugyanakkor a »Hidrogépek« című tárgynak a szigorlati tárgyak sorából való törlése, azzal az indokolással, hogy »nagyobb magyar vízerőműveink nincsenek és ennél fogva a vízerőgépek előadásának jelentősége is összezsugorodott«. A visszaesés annál feltűnőbb volt, mert a környező államokban viszont Prandtl határretegelmélete és Kaplan tanár turbinája intenzív elméleti és kísérleti kutatómunkával is alátámasztott lendületes fejlődést hozott a vízgépek szerkezetében is.

*Számolnunk kell tehát a nehezen pótolható komoly hiánnyal, amely a fentebb körvonalazott vízgépészeti feladatok sikeres elvégzésére hivatott széles látókörű és begyakorlott gépészmérnökökben mutatkozik. Céltudatosan végrehajtott oktatási munkaterv és laboratóriumfejlesztési terv is csak évek multán hozhat eredményt — addig tehát a káderhiány kérdése nem vehető le a napirendről.*

Műszaki egyetemünknek két évvel ezelőtt életbeléptetett szakosított új tanulmányi rendje végre intézményesen oldja meg ezt a kérdést, azzal, hogy a vízgépészeti csoportba sorozott gépészmérnökök számára az ipari és a vízgazdálkodási szakemberek bevonásával oly tantervet készített, amely összhangban áll az ötéves tervek során megoldásra váró nagyszabású vízgépészeti feladatokkal.

Fel kell hívnom azonban a figyelmet arra is, hogy évekre van szükség, amíg a vízgépészeti feladatok elvégzésére alkalmas fiatal gépészmérnökök száma kielégítheti a felfokozott szükségletet. Ebből a szempontból nagyon kevésnek tartom a mindössze mintegy 15 főből álló csoportlétszámot, mert ezzel a multból származó elmaradottságunk helyre nem hozható.

*A gyakorlati és laboratóriumi oktatás terén is erős javulás észlelhető, amióta a géplaboratóriumi gép- és műszerállomány korszerű kiegészítése — legnagyobb-részt a Magyar Tudományos Akadémia céltámogatásával megindult.*

2. *Tudományos kísérleti kutatás és kismintakísérlet.* A kis esésű folyami vízerőművek tervezésének és építésének problémája nálunk eléggé újkeletű, annak ellenére, hogy a szárnylapátos vízgépek, különösen pedig a Kaplan-turbina elterjedése óta a külföldi gépgyárak és vízgép-kísérleti állomások régen túljutottak a kísérletezés állapotán és teljesen kiforrott szerkesztési elvek alapján sorra építik a kis esésű és nagy teljesítményű vízerőműveket. Elmaradottságunk tehát e téren szembeszökő. Nagy hibának tartanám azonban elmaradottságunkra hivatkozva külfölddel szemben a szellemi verseny feladását, abban az értelemben, hogy vízerőműveink tervezésekor egyszerűen lemásoljuk a külföldön »jól bevált« szerkezeti megoldásokat és mereven ragaszkodunk a külföldről szerzett rajzokhoz és előírásokhoz.

Meggyőződésem szerint abból kell kiindulnunk, hogy még a teljesen kiforrottnak minősített szerkezet is tökéletesíthető, nem is szólva arról, hogy a helyi adottságokhoz a legjobban igazodó megoldás is — külföldi tervek merev utánzása helyett — mindig csak hazai mérnök céltudatos alkotómunkájával hozható létre. Bízunk mérnökeink alkotóerejében, amely a technika számos területén a multban is élenjáró eredményeket ért el és *tegyük lehetővé fiatal vízgépészeinknek is az újszerű feladatok sikeres megoldásához szükséges gyakorlat megszerzését.*

Ezen a területen máris eredményesnek bizonyult a Ganz-gyár turbina-osztályával egyetértésben a vízgép-laboratóriumban elvégzett *kismintakísérlet-sorozat*, amely a vízerőmű Kaplan-féle szívócsatornájának és csigaházának legelőnyösebb alakját volt hivatott a mérési eredmények alapján megmutatni.

A mérési eredmények azt mutatták, hogy a szívócsatorna szelvény-alakjának megváltoztatásával a hatásfok javulása mellett az elkészítés költségei is apaszthatók.

Fontos lépést jelent az idevágó kísérleti kutatómunka területén a Magyar Tudományos Akadémia céltámogatásával a vízgéplaboratóriumban felszerelt és még ebben az évben üzembehelyezhető *kavitációs berendezés is*, amely nemcsak egyes szárnyszelvények vizsgálatára készült, hanem cserélhető lapátozású kísérleti szivattyú és kísérleti turbina járókereken keletkező kavitációs jelenségek kivizsgálására is alkalmas.

THURÁNSZKI MIKLÓS okl. mérnök

A gazdaságosság kérdése a műszaki létesítmények méreteire is kihat. Így a dunai vízerőműnél a kihasználási fok megállapítása alapvetően gazdasági kérdés. A táblázat csak pár kiragadott adatot tartalmaz. Minél több gépegységet állítunk be, annál inkább csökken a gépek időbeli kihasználási foka és így nő a termelési költség. Feltétlenül szükséges a méretezés alapelveit a gazdaságosság szempontjából is felülvizsgálni, meg kell állapítani, hogy különböző gépegységek mellett milyen költségekkel termeljük az energiát. A gazda-

ságossági követelmények adják meg, hogy meddig mehetünk el az energia-termelés költségeinek területén. Mivel a vízerőművek élettartama igen jelentős és a gazdaságossági követelmények a népgazdaság szerkezetének fejlődésével változnak, idővel gazdaságos lesz egyes újabb gépegységek beállítása, amelyek ma nem gazdaságosak. Ebből a szempontból a III. változat a legalkalmasabb, mert itt további egységek is beépíthetők, ha továbbfejlesztés esetén a kihasználási fokot emelni akarjuk. Tehát a továbbfejleszthetőség szempontjaira a műszaki tervezésnél már most nagy súlyt kell helyezni.

MOSONYI EMIL válasza

Helyesnek tartom Eliava szakértőnek azt a megállapítását, hogy a kiépítési mértéket lehetőleg magas vízhozam értékben kell megállapítani. Az Energia Világkonferenciákon a vízerőkészletet az 50%-os tartósságú vízhozammal jellemzik. A vízerőhasznosítás korszerű irányzatának megfelelően a tervezésnél már nagyobb vízhozammal számoltunk, mégpedig 2500 m<sup>3</sup>/sec kiépítési vízhozam szolgált alapnak, ami 37% tartósságnak felel meg. Nyilvánvaló, hogy a mű tervezésénél figyelembe kell venni az energiagazdasági fejlődés irányát és mértékét, mert a vízerőműnek akkor kell jól betöltenie energiagazdasági szerepét, amikor elkészül és üzembe lép. Márpedig ez az időpont a legjobb esetben is csak néhány év múlva következhetik be, amikor is a fejlődés mértékétől függően még nagyobb vízhozamot, ill. kisebb százalékos tartósságot kell majd előreláthatólag gazdaságos kiépítésnek tekinteni.

Az elhangzott értékes hozzászólásból kiviláglik, hogy a szóbanforgó nagy és Magyarországon még nem látott vízi építmény műszakilag helyes és gazdaságos megtervezése csak úgy lehetséges, ha kutatómunkát és tervezési munkát nem kímélve, számos változatot dolgozunk ki. A lehetséges változatok közül esetleg nem lesz az első vázlatok alkalmával a legkedvezőbb kiválasztható, amiért megokolt lehet két, esetleg három változatnak részletes további kidolgozása.

Véleményem megegyezik a cseh szakértőknek, Otto Dub professzornak és F. Grossmann kartársnak azzal az észrevételével, hogy a cseh-magyar közös Duna-szakasz kihasználása tekintetében a nagy Duna-mederben való csatornázás lehetősége szinte a legkedvezőtlenebbnek látszik az említett 4 változat közül.

Rá kell mutatnom még arra, hogy igen jól ismerjük Čabelka-nak a prágai Hidrológiai Kutató Intézet kutatójának különleges vízerőmű kialakítási rendszerét. A Čabelka-féle megoldás tudomásom szerint bemutatásra került a legutóbbi Energia Világkonferencián. Véleményem szerint azonban a Čabelka-féle rendszer a kevés egységből, de főképpen az egy vagy két egységből álló telepeknél kerülhet előnyösen alkalmazásra. Ennek a rendszernek a lényege az, hogy turbina, előcsatorna és szívócsatorna tengelye nem esik egy egyenesbe, hanem egymáshoz képest el vannak fordítva úgy, hogy az erőműre való rááramlás és a belőle való kiáramlás viszonyai a lehetőség szerint a legkedvezőbbek legyenek.

Fel kell hívnom a figyelmet arra, hogy a dunai vízerőművek előmunkálataihoz, a kapcsolatos tudományos kutatásokhoz és a tervezéshez lényegesen nagyobb műszaki létszámra van szükség, mint a tiszai művek megvalósításához, mert a dunai problémák szinte nagyságrendben múlják felül a tiszai feladatok mértékét.



## TARTALOMJEGYZÉK

Előszó .....	413
1. <i>L. A. Eliava</i> : A Tisza-csatornázás legfontosabb hidrológiai problémái .....	415
<i>Hozzászólások</i> :	
Németh Endre .....	429
Vitális Sándor .....	430
Sümeghy József .....	431
Otto Dub .....	433
Aujeszky László .....	434
Mosonyi Emil .....	435
Horusitzky Ferenc .....	437
Szilágyi Gyula .....	437
Pop Radu .....	438
Scherf Emil .....	438
Hevesi Gyula .....	438
<i>L. A. Eliava válasza</i> .....	439
2. <i>Lászlóffy Woldemár</i> : Az árvíz és jégviszonyok összefüggése a folyócsatornázási tervekkel .....	441
<i>Hozzászólások</i> :	
Kéri Menyhért .....	458
Otto Dub .....	460
Pop Radu .....	461
Maurer Gyula .....	462
Serf Egyed .....	462
Katona István .....	463
Németh Endre .....	463
Ócsvár Rezső .....	464
Szilágyi Gyula .....	464
Filep Lajos .....	464
Mosonyi Emil .....	465
<i>Lászlóffy Woldemár válasza</i> .....	465
3. <i>Bogárdi János</i> : Folyócsatornázásainkkal kapcsolatos hordalékproblémák .....	467
<i>Hozzászólások</i> :	
Szilágyi Gyula .....	476
Papp Ferenc .....	477
Károlyi Zoltán .....	480
Frantisek Grossmann .....	481
Maurer Gyula .....	482
Finály Lajos .....	483
Serf Egyed .....	483
Ócsvár Rezső .....	484
<i>Bogárdi János válasza</i> .....	484

4. <i>Mosonyi Emil</i> : A dunai vízerőhasznosítás hidrológiája .....	489
<i>Hozzászólások:</i>	
L. A. Eliava .....	510
Vendl Aladár .....	511
Otto Dub .....	515
Frantisek Grossmann .....	517
Bartos István .....	517
Heller László .....	519
Széchy Károly .....	520
Pattantyús Á. Géza .....	522
Thuránszki Miklós .....	523
<i>Mosonyi Emil</i> válasza .....	524



*Ára: 20,— Ft*

Akadémiai Kiadó (Budapest, V., Alkotmány-u. 21.) Felelős: Mestyán János

---

Akadémiai nyomda, Gerlőczy-utca 2. — 16645/52 — Felelős vezető: ifj. Puskás Ferenc