

Magyar Bányászati és Földtani Hivatal

Földtani kutatás

1970. XIII. évfolyam 2. szám

Felelős szerkesztő:
DR. FÜLÖP JÓZSEF

A szerkesztő bizottság:
DR. ALFÜLDI LÁSZLO, DR. ADÁM OSZKAR, DR. BARNABÁS KÁLMÁN, DR. DANK VIKTOR, DR. JANTSKY BÉLA, DR. JUHÁSZ JÓZSEF, DR. KASSAI FERENC, MORVAI GUSZTAV, DR. NEMECZ ERNŐ, DR. VARJÚ GYULA, DR. VITÁLIS SÁNDOR

Szerkesztő:
LUKÁCS JENŐ

*

Szerkesztőség:
Budapest, I., Iskola u. 13. III. 311.
Telefon: 359-508.

*

Felelős kiadó:
Központi Földtani Hivatal

*

A Földtani Kutatás megjelenik évente négy alkalommal
Egy-egy lap ára 5,— Ft
Előfizetés és terjesztési ügyben felvilágosítást a Magyarhoni Földtani Társulat (Bp. VI., Anker köz 1-3. Telefon: 229-870) ad.

FMNYV dunaujvárosi telepe 1154

TARTALOM

Dr. Korányi György: Földgázkészletek kategorizálási és becslési eljárásainak nemzetközi összehasonlítása — — — — —	1
Hegyi Istvánné: Adatok a kötőanyagipari nyersanyagok mintavételi kérdéséhez — — — — —	9
Dr. Kertész Pál: A kőbányászat nyersanyagkutatási problémái — — — — —	12
Dr. Szilágyi Imre: Illitek reológiai és talajmechanikai vizsgálatának összefüggései — — — — —	24
Nagy Géza: Mennyiségi elemzés elektron-mikroszondával — — — — —	27
Liszt Ferenc: Félvezető detektorok alkalmazásának lehetőségei a mélyfúrési geofizikában — — — — —	39
Dr. Gondozó György: Robbantástechnika alkalmazása néhány hidrogéológiai kutatófúrásban — — — — —	43
Mező Péter: A fúrósörét kőzetbontási mechanizmusa — — — — —	47
Kovács Endre: Orientált rétegdőlés analitikai módszerekkel való meghatározása a Rükker 14. és 14/a. számú fúrás adatai alapján — — — — —	65
Dr. Bauer Jenő: Balneo-geológiai tapasztalatok az NDK gyógyfürdőivel és ásványvizeivel kapcsolatban — — — — —	79
Dr. Hahn György: A szocialista és tőkés államok fontosabb hasznosítható ásványi nyersanyagkészletei, minőségi és termelési adatai — — — — —	84

CONTENTS

Dr. Korányi, Gy.: International comparison of categorization and estimation methods on natural gas reserves — — — — —	1
Hegyi, I.: A contribution to the problems of sampling in the industry of binding materials — — — — —	9
Dr. Kertész, P.: The problems in exploration of raw materials of quarrying — — — — —	12
Dr. Szilágyi, I.: Interrelations in rheological and soil-mechanical analyses of illites — — — — —	24
Nagy, G.: Quantitative analysis by electronmicrosounds — — — — —	27
Liszt, F.: Possibilities of applying semi-conductor-detectors in deep-drilling-geophysics — — — — —	39
Dr. Gondozó, Gy.: Application of springingtechnics in some hydrogeological exploratory wells — — — — —	43
Mező, P.: The mechanism of rock-destruction of the drill-shot — — — — —	47
Kovács E.: Determination of oriented dip of strata by analytical methods, on the basis of wells Rükker—14 and 14/a — — — — —	65
Dr. Bauer, J.: Balneogeological experiences at medicinal baths and mineral waters in the GDR — — — — —	79
Dr. Hahn, Gy.: Data on reserves, quality and production of important mineral raw materials in socialist and capitalist countries — — — — —	84

INHALT

Dr. Korányi, Gy.: Internationale Vergleichung von Verfahren zur Kategorisation und Schätzung der Erdgasvorräte — — — — —	1
Hegyi, I.: Angaben zur Frage von Rohstoffproben in der Binde-mittelindustrie — — — — —	9
Dr. Kertész, P.: Probleme der Rohstofferkundung in dem Stein-bergbau — — — — —	12
Dr. Szilágyi, I.: Zusammenhänge in der rheologischen und boden-mechanischen Untersuchung von Illiten — — — — —	24
Nagy, G.: Quantumanalyse durch Elektronmikrosonde — — — — —	27
Liszt, F.: Die Möglichkeiten der Anwendung von Halbleiter detek-toren in der Tiefbohrungsgeophysik — — — — —	39
Dr. Gondozó, Gy.: Die Anwendung der Sprengtechnik in einigen hydrogeologischen Schurfbohrungen — — — — —	43
Mező, P.: Der gesteinszerbrechende Mechanismus des Bohrschrotes — — — — —	47
Kovács, E.: Die Bestimmung durch analytische Methode der orien-tierten Schichtneigung, auf Grund von Angaben aus den Bohrungen Rükker—14 und 14/a — — — — —	65
Dr. Bauer, J.: Balneogeologische Erfahrungen mit den Heilbädern und Mineralwässern der DDR — — — — —	79
Dr. Hahn, Gy.: Angaben über Vorräte, Qualität und Produktion der wichtigsten nutzbaren mineralischen Rohstoffe in den sozialistischen und kapitalistischen Staaten — — — — —	84

Földgázkészletek kategorizálási és becslési eljárásainak nemzetközi összehasonlítása

Írta: Dr. Korányi György

Az ENSZ Európai Gazdasági Bizottsága Gázbizottsága keretében néhány esztendő óta foglalkoznak a földgázkészletek számítása eljárásainak nemzetközi összehasonlításával. Bár a munka még nem fejeződött be, az eddig nyilvánosságra hozott adatok (1) alapján célszerű áttekinteni a készletbecslési eljárásokat. A KGST-ben résztvevő országok a KGST Kőolaj és Gázipari, valamint Geológiai Állandó Bizottságai keretében megállapodtak a készletbecslések egységesítésében és elfogadták a Szovjetunió által rendkívül magas színvonalon kidolgozott eljárást.

I. A készletek kategorizálása

1. Szovjetunió és a KGST országok eljárása (2)

Az olaj és gázkészleteket ismeretességi fokuk szerint általában a következő kategóriákba sorolják.

„A” kategória. Olyan készletek megjelölésére szolgál, melyek valamely ipari nagyságrendű termelést szolgáltató olaj vagy gázkutak által meghatározott területen helyezkednek el. Az „A” kategóriába tartozó készletek becslését a rétegek elhelyezkedésére, a rétegben uralkodó viszonyok változására, az olaj vagy gáztelítettségre, a szénhidrogének vegyi összetételére vonatkozó részletes tanulmányok alapján végezték el. A becslési eljáráshoz rendelkezésre álltak mindazok az adatok (kutak termelése és termelékenysége, nyomás és hőmérsékleti viszonyok, permeabilitások stb.) melyek a készletszámítások elvégzéséhez szükségesek.

„B” kategória. Olyan készletek megjelölésére szolgál, melyeknek megfelelő területen a készletek jelenléte kedvező eredményekkel járt és megfelelően elhelyezett kutató fúrásokkal bizonyított, valamint legalább két olyan ipari volumeneket szolgáltató termelő kúttal rendelkezik, melyek a különböző hipszometrikus pontokon kitermelhető készletek jelenlétét bizonyítják. Ezekben a területeken a készletek elhelyezkedésére, az olaj és gáztelítettségre a tároló tulajdonságaira, a szénhidrogének jellemzőire és egyéb adatokra vonatkozó tájékozódó tanulmányok rendelkezésre állnak.

„C₁” kategória. Olyan készletek megjelölésére szolgál, melyek jelenlétét az illető te-

rületen geológiai kutatással vagy geofizikai műveletekkel meghatározott tulajdonságokkal lehet bizonyítani. A tárlók tulajdonságaira az ipari volumenű készletek jelenlétére itt olyan számítási adatokat tartalmazó tanulmányok utalnak, melyeket egyes kutatófúrások és lyukak adataiból és vagy szomszédos mezők jellemzőiből lehetett összeállítani. A mezőn azonban legalább egy olyan kútnak kell működnie, mely ipari volumenű termelést ad.

„C₂” kategória. A szénhidrogént termelő területeken megtalált olyan mezők készletei, melyek más mezők rétegeinek folytatását képezik, valamint ismert mezők mélyen fekvő rétegeiben elhelyezkedő készletek, melyek kitermelhetőségét általános geológiai adatok valószínűsítik.

„D” kategória. (3) Azoknak a reménybeli területeknek a készletei tartoznak ebbe az alcsoportba, mely területeken a geológiai-geofizikai, geokémiai analitikai és mélyfúrési vizsgálatok a szedimentek olyan formációit tárták fel, melyek szénhidrogének előfordulását valószínűsítik, és a feltáró rendszeres fúrások előirányzását kilátásos-
sá teszik.

„D” kategória. (3) Olyan reménybeli területek készletei, melyeket eddig csak kevés vizsgálat, melyekről a térképek, magnetometrikus, szeizmikus mérések, egyes esetekben fúrásos vizsgálatok szénhidrogének előfordulását elképzelhetővé teszik. Ide tartoznak azok a területek is, melyeken még semmilyen vizsgálatot nem végeztek és geológiailag kevésbé ismert szediment formációkat tartalmaznak.

Hazánkban jelenleg még a készleteket A₁, A₂, B, C₁ és C₂ kategóriákba sorolják és a reménybeli (D) készleteket nem használják.

2. Egyesült Államok. [4] Az Amerikai Egyesült Államok hivatalos statisztikai közleményei kizárólag a megtalált és iparilag kitermelhető készleteket tüntetik fel. Ennél alacsonyabb rendű (valószínű, lehetséges) készletek kategóriáival csak magángéológusok és magánvállalatok operálnak. Valamennyi készletet az Amerikai Gáztársaság Földgáz Készlet Bizottsága értékeli függetlenül attól, hogy a mezőn a termelés szempontjából milyen helyzet alakult ki.

A bizonyított, megtalált készletek valamely mező megfúrt vagy meg nem fúrt részén helyezkedhetnek el. Ha a meg nem fúrt részen helyezkedik el a készlet, annak olyan szoros összefüggésben kell lennie a megfúrt és feltárt területtel, hogy a készletek és a formációk geológiai viszonyaira, nagyságára és elhelyezkedésére, valamint termelőképességére kétségeket kizárólag lehessen következtetni. A mezők termelőképességét vizsgálatokkal kell bizonyítani. A földgázkészletekből le kell vonni minden cseppfolyós szénhidrogén termék mennyiségét, valamint a nem szénhidrogének térfogatát. Egyetlen termelő kúthoz azonban 640 acre-nál nagyobb készlettartó területet nem szabad vonatkoztatni. A piac hiánya, vagy a készletek hozzáférhetetlensége miatt egyetlen ismert és bizonyított készletet sem szabad kivenni a földgázkészletek becslése alól. A készleteket csak újabb fúrások és próbatermelések alapján szabad megnövelni. A készletbecsléseket évente revideálni kell és a revíziók alkalmával minden változásra mutató tényezőt figyelembe kell venni.

3. *Franciaország.* (5.) Hivatalos kategorizálási eljárás ugyan nem létezik szénhidrogének készletbecslésére Franciaországban, de az egyes vállalatok egyöntetűen az alábbi kategóriákat különböztetik meg, készletszámításaik céljára.

a) *Meglevő készletek.* A szénhidrogénkészleteket általában a tárolók volumetrikus adataiból számítják ki; a számításokhoz alkalmazott adatok megbízhatósága alapján három kategóriái különböztetnek meg:

- *Bizonyított volumetrikus készletek,* az ismert szénhidrogén területeken helyezkednek el, melyeket termelő kutakkal működtetnek.
- *Valószínű volumetrikus készletek* azok, melyek geológiai vagy geofizikai vizsgálatokkal megtalált szerkezetekben valamely általánosan produktívnek tekintett területen belül helyezkednek el és amelyekben a szénhidrogén-víz, valamint gáz-olaj határok helyzetét fúrásokkal megállapították.
- *Lehetséges volumetrikus készletek* azok, melyre a szerkezet geológiai adatainak legkedvezőbb kombinációjából lehet következtetni.

b) A meglevő készletek második becslését általában hosszabb termelési periódus után megismétlik az üzemeltetési (nyomáscsökkenési) adatok figyelembevételével.

c) *Kinyerhető készletek.* A tartóból eltávolítható szénhidrogének mennyisége. A primer kinyerhető készlet a tárló saját kitermelési mechanizmusával eltávozó szénhidrogén mennyiségeket jelöli, a szekun-

der kinyerhető készletek pedig a tárlónál alkalmazott másodlagos kinyerési eljárások alkalmazása után azon szénhidrogének mennyisége, melyet primer eljárással nem lehetne kitermelni.

A primer kitermelési készleteken belül megkülönböztetnek „biztosan kinyerhető” és „valószínűleg kinyerhető” készleteket, melyek a bizonyított volumetrikus készleteknek, illetve a valószínű volumetrikus készleteknek a kihozatali tényezővel való szorzatából adódnak.

4. *Hollandia.* A „bizonyított”, „valószínű” és „lehetséges” fogalmakat a holland kategorizálás is alkalmazza.

— *Bizonyított készletek.* Fúrásokkal és egyéb vizsgálatokkal meghatározott és az előfordulás fúrásokkal feltárt részére eső olyan készletek, melyeket a jelenlegi piaci helyzetben minden kétséget kizárólag ki fognak termelni. A tároló produktív területét, így térfogatát is a teljes szerkezet litológiai, sztratigráfiai és tektonikai körülményei határozzák meg.

— *Valószínű készletek.* Bizonyított készletet tartalmazó fúrásokkal feltárt terület szomszédságában elhelyezkedő, fúrásokkal fel nem tárt területen levő készletek. Szerkezetileg oly módon kell kapcsolódni a feltárt „bizonyított” készletekhez, hogy a valószínű készletek a bizonyított készleteknek legalább 50%-át tegye ki. Ílymódon annak valószínűsége, hogy a becsült valószínű készletek, a jelenlegi piaci viszonyokat alapul véve gazdaságosan kitermelhetők, ugyancsak legalább 50%.

— *Lehetséges készletek.* Ezek ugyancsak az ismert területek fúrásokkal fel nem tárt szakaszain helyezkednek el, ott, ahol a geológiai és kőzetfizikai körülmények kevésbé ismertek. Annak a minimális valószínűsége, hogy ezek a készletek léteznek és hogy a jelenlegi piaci körülmények között gazdaságosan kitermelhetők 25%. Ezt a kategorizálást csak ott lehet alkalmazni, ahol a gáz önállóan fordul elő és ahol a formációkban ismeretlen jellegű tektonikai törések nem fordulnak elő.

5. *Német Szövetségi Köztársaság.* Az előző kategorizáláshoz hasonlóan az alábbi definíciókat alkalmazzák.

— *Bizonyított készletek.* Bizonyos körülmények között ebbe a kategóriába olyan készletek is bevonhatók, melyek jelenlétét egyetlen mélyfúrással bizonyították, ha a szerkezet szeizmikusan egyértelműleg tisztázott, a kőzetparaméterek az adott területen (pl. a fúrástól számított 1 km-es körzetben) kielégítően ismertek.

— *Valószínű készletek.* Ebbe a kategóriába tartoznak Nyugatnémetországban azok a

nagyobb szerkezetekhez tartozó készletek, ahol némi bizonytalanság van a tároló réteg kiterjedésében vagy vastagságában, a köztudott tulajdonságok terén vagy a rétegek egymást követő sorrendjében, illetve a szénhidrogén tároló mélységében még azután is, hogy több fúrás mélyítettek le.

- *Lehetséges készletek* becslésére Nyugat-németországban első ízben 1966 január 1-vel került sor. Ezek megbecslésére az ismeretes statisztikai és kísérleti eljárásokat alkalmazzák.

6. *Jugoszlávia.* A cseppfolyós és gáznemű szénhidrogénkészleteket Jugoszláviában négy kategóriába sorolják.

- „A” *kategória.* Olyan készletek értendők ide, melyek telepeit egymástól 600—900 m távolságban lemélyített fúrások adatai alapján határozzák meg. Az egyes földrajzi helyeken az alkalmazandó kúttávolságokat a tartók jellege határozza meg, tehát az, hogy a tárolókban a készletek szabályosan oszlanak el és hogy vannak-e olyan lényeges tektonikai zavarok, melyek a tartó homogenitását befolyásolják. A maximális, 900 m-es kúttávolságot a leghomogénabb szerkezetű tartóknál alkalmazzák. A tényleges készletek meghatározására szükséges fizikai és termelési adatoknak valamennyi fúrásból rendelkezésre kell állniok.
- „B” *kategória.* Ha valamely területen a készletek „A” kategóriába való besorolásának bármely lényeges kritériuma hiányzik, a készleteket ebbe a kategóriába kell sorolni. Az „A” és „B” kategóriák tehát rendszerint ugyanazon területen fordulnak elő, a kettő közötti határterület nem lehet nagyobb, mint az „A” kategóriára azon a területen meghatározott kúttávolság. Amennyiben az „A” kategóriának megfelelő területen kívül, de a kúttávolságnál nagyobb távolságban fúrt kutak magintái és karotázsvizsgálatai kielégítő eredményeket mutattak fel, de a kutak termelési kísérletei még nem állnak rendelkezésre, a két kategória közötti távolságot a kúttávolság kétszeresében lehet meghatározni. Ebben az esetben az egyes kutak körüli készletsugarak nagysága 30—450 m, attól függően, hogy a tartók homogenitása alapján melyik csoportba sorolták be.
- „C₁” *kategória.* Az „A” és „B” kategóriákba sorolt készletek közvetlen kapcsolódásaként elhelyezkedő telepeken található szénhidrogének tartoznak ide, ha a terület geofizikai adottságai nagyjából ismeretek és a kapcsolódás az „A” és „B” kate-

góriába tartozó telepektől nem nagyobb, mint a kutak illetve telepre meghatározott hatósugarának kétszerese. Magfűrési és/vagy karotázseredményeknek azonban ebben a kategóriában is rendelkezésre kell állniok.

- „C₂” *kategória.* Ha valamely kritérium a „C₁” kategóriára vonatkozó készletekre nem teljesíthető, akkor a készleteket ebbe a kategóriába kell sorolni.

Bár a készletek kategorizálása a különböző országokban többtétű és helyenként nem kizárólag földgázra, hanem szénhidrogénekre vonatkozik általában, a nemzetközi összehasonlíthatóság érdekében szükségesnek mutatkozik a kategorizálás általánosabb megfogalmazása. Az ENSZ Európai Gazdasági Bizottságának Gázbizottsága ezért az alábbi kategorizálást javasolta a gázkészletekre vonatkozóan:

- a) *Bizonyított készletek:* melyeket termelésre kész vagy már termelésben levő kutak bizonyítanak. Nyomáscsökkenés görbék vagy ipari nagyságrendű kútvizsgálati adatok rendelkezésre állnak.
- b) *Valószínű készletek:* geológiai és/vagy geofizikai módszerekkel megismert szerkezetekben vagy üledékekben bekövetkezett felhalmozódások. Legalább egy megfúrt kutat kell felmutatni ismerve ennek ipari nagyságrendű termeltetési vizsgálatának eredményeit.
- c) *Lehetséges készletek:* A készletek jelenlétét bizonyító kút fúrására még nem került sor. A lehetséges termelés becsülhető
 - a geológiai vagy geofizikai adatok alapján mérlegelt olyan szerkezetekre vonatkozó ismeretekből, mely szerkezetek hasonlóak a szomszédos meglevő gáztermelő területével;
 - annak ismeretéből, hogy az általános szerkezeti viszonyok hasonlóak más jólismert gáztermelő terület szerkezeti viszonyaihoz;
 - annak ismeretéből, hogy az általános üledéki vagy paleogeográfiai viszonyok hasonlóak valamely másik, jól ismert gáztermelő területéhez.”

Bár a Bizottság fenti javaslatot csak 1970 évben tárgyalja meg, az európai gázkészletek integrális becslésére vonatkozó tevékenységben az egyes munkabizottságok már ezt alkalmazzák.

Szerkesztőségi megjegyzés:

A nyugati országokban hivatalos kategorizálás ez idő szerint nincs, a dolgozatból mégis úgy tűnik, mintha azt helyettesítő eljárás lenne. A bizonyított, valószínű és lehetséges készletek szerinti bontás inkább az egyes kutatási fázisoknak, mint készletkategóriáknak felel meg. A kettő között valójában nem sok a különbség, hiszen a kevés ismeretadat egyúttal alacsony kategóriát is jelent. Az eltérés abban van, hogy — hazai fogalmaink szerint — azonos kutatási fázison belül a

kimutatott készletek legtöbbször más-más kategóriákba is tartozhatnak. Ritkább az az eset, amikor a készletek egyetlen kategóriába nyerne besorolást.

Ezzel a kérdéssel esetleg érdemes lenne bővebben is foglalkozni annál is inkább, mivel az ENSZ (említett szerve) ennek a felosztásnak az elfogadása felé hajlik, valószínűleg a bizonyított volumetrikus készletek alatt az A+B kategóriájú, míg a másik kettőn a C₁, ill. C₂ ismeretességű készletek értendők.

Jó lenne tájékoztatást kapni, hogy a kutatási fázist és a kategorizálást az ENSZ hogyan kívánja összehangba hozni, ill. milyen érvek szólnak a javasolt csoportosítás várható elfogadása mellett. Minden esetre le kell szögezni azt, hogy KGST relációban a megoldás e téren sokkal differenciáltabb.

II. Készletek becslési eljárásai

A készletek kategorizálása a legtöbb országban hivatalos tevékenységnek tekinthető, ezzel szemben a készletek becslési eljárásai az irodalmi adatok alapján az egyes szakintézmények tevékenységén alapulnak. Az EGB Gázbizottságon belül működő munkacsoport ezért az országok adatai összevetésével általános helyzetképet dolgozott ki a legfőbb módszerek közös jellemzőire vonatkozólag. Az alábbiakban az öszszesítés eredménye kerül ismertetésre.

1. Kitermelhetőség és felhagyási nyomás

A földtani készletek nem teljes mértékben termelhetők ki. A kitermelhetőséget az a viszonyszám érzékelteti, mely a kitermelhető gáz mennyisége és a földtani gázkészlet mennyisége közötti arányt mutatja. Legtöbb országban ez a viszonyszám 0,70—0,85 közötti, a gáztároló jellegétől, a kőzetek minőségétől, a vízkiszorítás mértékétől függően. Egyedül Jugoszláviában határozták meg önkényesen a víznyomásos készletek kitermelhetőségének viszonyszámát 0,85-tel.

A tárolóban visszamaradó gáz mennyiségét a felhagyási nyomással is lehet jellemezni. Az Egyesült Államokban általában 3,4—34 ata nyomással kalkulálnak. Ennek mértéke azonban a gáztároló műszaki jellemzőin és a kitermelés módján kívül még kereskedelempolitikai megfontolásokról is függ. Jugoszláviában kalkulációs számításoknál a felhagyási nyomást, 1 atmoszférát, kútfejnyomáshoz tartozó rétegnomással jellemzik. A Szovjetunióban megkülönböztetik a kútfejben és a tárolóban mért felhagyási nyomást és a tárolóban visszamaradt nyomást (P_v) abban az esetben, ha a kútfej nyomás 1 atm, az alábbi képlettel számítható ki

$$P_v = e \cdot 1239 \cdot 10^{-9} \cdot H \cdot \gamma \quad [1]$$

ahol e a természetes logaritmus alapja, H a gáz felszíntől számított mélysége a tárolóban cm-ben mérve, γ pedig a gáz fajsúlya levegőre, mint 1-re vonatkoztatva. A képlet segítségével a felhagyási nyomásokra általában 1,1—3,5 atmoszféra adódik.

2. Készletszámítási eljárások

A) A volumetrikus eljárás

Megfelelő pontossággal ott alkalmazható, ahol a termelés még nem kezdődött meg és a terület nagymértékben megfűrták. A volumetrikus eljárásnál ismerni kell a gáztartó rétegösszlet vastagságát, a gázélfordulás kiterjedését, a réteg porozitását, a pórústérfogat víztelítettségi hányadát, a tároló nyomását, hőmérsékletét és a gáz kompresszibilitási tényezőjét.

A vastagság meghatározásához elektromos, radioaktív vagy ultrahangos karotázsvizsgálatok, magvizsgálatok szolgálnak. A tényleges vastagságból természetesen le kell vonni a gáz szempontjából impermeábilis rétegek vastagságát, így számítható ki a hasznos vastagság. Inhomogén vagy repedéses rétegekben figyelembe kell venni a tapasztalati adatokat is, mert a vastagság meghatározásának megbízhatósága ilyenkor csökken.

A gázréteg kiterjedésének megismerése céljából meg kell határozni a gáz-olaj és gáz-víz határok elhelyezkedését, melyek legtöbb ismert gázélfordulás esetében horizontálisan helyezkednek el.

Gyakorlatilag legtöbb országban a gázkészlet térfogatát az ún. „izopach” vonalából határozzák meg, melyek a térképen összekötik az azonos hasznos rétegvastagságú helyeket. Valamennyi izopach rétegvonal által bezárt terület planimetrálnak és a planiméter konstans segítségével átszámítják a mérési adatokat acre-be vagy négyzetméterbe. (A planiméter konstans kiszámítására ismert területű térképrészlet planimetrálása ad módot.)

A térfogat viszonylag legpontosabb kiszámítására a piramisos vagy trapezoid szabályok szolgálnak.

A piramisos szabály, ha

$$A_n \geq 2(A_{n+1}) \quad V_{n;n+1} = \frac{K \cdot h \cdot}{3} \quad [2]$$

$$\cdot \left[A_n + A_{n+1} + \sqrt{A_n \cdot A_{n+1}} \right]$$

A trapezoid szabály, ha

$$A_n \leq 2(A_{n+1}) \quad V_{n;n+1} = \frac{K \cdot h \cdot}{2} \cdot [A_n + A_{n+1}] \quad [3]$$

ahol $V_{n;n+1}$ = térfogat (acre, láb vagy köbméter) n és $n+1$ az izopach körvonalakkal határolt két sík között.

- K = a planiméter konstans
- h = az n és $n+1$ szintek közötti távolság
- A_n = az n szinten végzett planimetrálás eredménye
- A_{n+1} = az $n+1$ szinten végzett planimetrálás eredménye.

Ha a konturvonalak párhuzamos síkokat metszenek, még $A_n \geq A_{n+1}$ esetén is a trapezoid szabály szerinti képletet kell alkalmazni. Sok esetben az izopach térkép szabálytalan körvonalú, ilyenkor szektorokra bontják és a térfogat minden szektorra külön számítják ki. Egyes országokban grafikus értékelési eljárást alkalmaznak oly módon, hogy diagramot szerkesztenek, melyben az ordinátán a rétegmagasságok, az abszcisszán minden egyes körvonalon belüli terület nagysága szerepel és az így nyert görbe alatti területet planimetrálják, az eredményt pedig a görbe konstansával megszorozzák.

A réteg porozitását a kőzet magmintáinak laboratóriumi vizsgálataival határozzák meg, ezzel a módszerrel, valamint elektromos karotázs segítségével megállapítható a pórusok víztelítettségének mértéke is.

A gáztartó nyomását és hőmérsékletét a lyukba mélyített műszerrel lehet meghatározni. Egyes esetekben a nyomást kútfejben is mérik, ekkor a kútban levő gázoszlop súlyával a mért eredményt meg kell növelni.

Az Ukrán Szocialista Szovjet Köztársaságban a kútfejen mért nyomásból a tartó nyomását az ismert barometrikus képlet segítségével számítják ki

$$P = P_o \cdot e^{\frac{0,03415 \cdot \gamma \cdot h}{Z_m \cdot T_m}} \quad [4]$$

- ahol P = a tároló nyomása
 P_o = kútfej nyomása
 γ = a gáz levegőre vonatkoztatott sűrűsége
 h = a tároló mélysége
 Z_m = a gáz átlagos kompresszibilitási (eltérési) tényezője
 T_m = a gáz átlagos abszolút hőmérséklete
 e = a természetes logaritmus

Ezt a képletet egyszerűsített alakban is alkalmazzák:

$$P = P_o + \frac{0,03415 \cdot \gamma \cdot P_o}{Z_m \cdot T_m} \quad [5]$$

vagy

$$P = P_o + \frac{0,3415 \cdot \gamma \cdot P_m}{Z_m \cdot T_m} \quad [6]$$

ahol P_m a kútban levő átlagos nyomás.

A (4, 5 és 6) képletek természetesen csak előzetes tájékozódó számításokra alkalmasak, mert a barometrikus képletek csak állandó hőmérsékleten érvényesek. A geotermikus gradiens (W) $^\circ\text{C}/\text{m}$ gyakorlatilag konstans, így a hőmérséklet alakulása a mélység irányában kifejezhető a

$$T = T_o + W \cdot h \quad [7]$$

képlettel.

A nyomásnak a mélységre vonatkoztatott

második differenciálhányadosát nevezzük n -nek, tehát

$$\frac{d_2 P}{dh^2} = n \quad [8]$$

megállapítható, hogy gáztelepeknél ez általában 1-nél kisebb, vagy 1-gyel egyenlő. A nyomásgörbe tehát a mélység irányában konkáv. Figyelembe véve a [7] képletet, a nyomás kifejezésére alkalmas az alábbi képlet

$$P = P_o \left(1 + \frac{W \cdot h}{T_o} \right)^n \quad [9]$$

A nyomásmeghatározás megengedhető hibája (σ_n) a [9] képlet alkalmazásakor az alábbi kifejezéssel számítható ki

$$\sigma_P = \sigma_{T_o} + \frac{n \cdot h}{\alpha} \left(\sigma_\gamma + \sigma_{Z_m} - \sigma_{T_o} + \frac{h}{T_o} \sigma_W \right) \quad [10]$$

ahol σ -val jelöltek az egyes tényezők hibái, α pedig azt a mélységet jelenti, ahol hőtágulási expanzió már nem jöhet létre. A gázok kompresszibilitására rendelkezésre állnak irodalmi adatok, ha azonban a metán mellett jelentősebb mennyiségben fordulnak elő más gázok, célszerű a kompresszibilitást kísérletileg meghatározni.

A fenti valamennyi adat rendelkezésre állása esetén a gázkészlet mennyiségének kiszámítására a volumetrikus eljárás alkalmazásakor az alábbi képletet alkalmazzák:

$$Q = 10^3 \cdot A \cdot H \cdot \phi \cdot (1 - S_w) \frac{P \cdot T_s}{P_s \cdot T \cdot Z} \quad [11]$$

- ahol Q = a gáz térfogata P_s nyomáson és T_s hőmérsékleten m^3 -ben
 A = a gázkészlet területi kiterjedése hektárban
 H = a gáztartó szerkezet effektív vastagsága méterben
 ϕ = a szerkezetet alkotó kőzetek porozitása
 S_w = a pórustérfogat víztelítettsége
 P = a gáz nyomása a tárolóban kg/cm^2
 T = a gáz hőmérséklete a tárolóban $^\circ\text{K}$
 Z = a gáz kompresszibilitási (eltérési) tényezője

B) A nyomáscsökkenéssel való számítási eljárás

Ez a számítási eljárás azon alapszik, hogy a gáz kitermelése folyamán a nyomás csökkenésével párhuzamosan a gáz térfogata változatlan marad a tartóban, a kitermelés teljes időtartama folyamán. Az Egyesült Államokban a készletszámításra a következő eljárást alkalmazzák (6). Ha a lelőhely kiindulási gáztartalmának térfogata $Q_1 \text{m}^3$ és nyomása P_1 atm. volt, bizonyos termelési periódus után a nyomás P_2 atm-ra csökkent, ami megfelel valamely $Q_2 \text{m}^3$ tér-

fogatnak. A termelés ideje alatt tehát

$$\Delta Q = Q_1 - Q_2 \quad [12]$$

m³ gáz távozott el a tartóból. Figyelembe véve azt, hogy Q arányos a nyomásnak a kompresszibilitási tényezővel alkotott hányadosa változásával, az alábbi egyenlet írható fel:

$$\frac{Q_1}{\frac{P_1}{Z_1}} = \frac{\Delta Q}{\frac{P_1}{Z_1} - \frac{P_2}{Z_2}} \quad [13]$$

Ebből kifejezhető a lelőhely kitermelési periódusa alatt összesen kinyerhető gáz mennyisége

$$Q_1 = \frac{\Delta Q \cdot \frac{P_1}{Z_1}}{\frac{P_1}{Z_1} - \frac{P_2}{Z_2}} \quad [14]$$

A szovjet szakirodalomban [7] ugyanezen az elven alapuló, de kissé módosított számítási eljárást ismertetnek. Ha valamely időponttól kezdve a P₁ atm. tartónyomású gázkészlet kitermelését megkezdik és abból Q térfogatú gáz távolítanak el, a nyomás P₂ értékre csökken. Ezen felül azonban a tartóból eltávolítható további Q₂ térfogatú gáz, ha a nyomást a visszahagyási nyomás (P_v) értékre engedik csökkenteni. Ekkor

$$Q_2 = \frac{\Delta Q \cdot \left[\frac{P_2}{Z_2} - \frac{P_v}{Z_v} \right]}{\frac{P_1}{Z_1} - \frac{P_2}{Z_2}} \quad [15]$$

A [14] és [15] egyenletekkel való számításokhoz tehát nem szükséges a gázlelőhely kiterjedésének, vastagságának, a kőzetek porozitásának ismerete. Ezt az előnyt némileg egyensúlyozzák az abból eredő hibák, hogy a lelőhelyeken a tárolók eléggé különbözők lehetnek és a súlyozott átlagok számítása nem mindenkor tüköri helyesen a tárolóban uralkodó valódi helyzetet. Ezért a nyomáscsökkenéses eljárást elsősorban egyes, homogén, önálló tartók készletbecslésére lehet alkalmazni, ahol a szerkezetek viszonylag egyszerűek és a tartó hidrodinamikai viszonyai tisztázottak.

Legfontosabb követelmény azonban az, hogy a tároló térfogata állandónak legyen tekinthető. Vízkiszorításos termelés esetében természetesen a kitermelt gáz helyét elfoglaló víz térfogatát a készletbecslésnél figyelembe kell venni. Ilyenkor az ún. anyagmérleg-egyenletet alkalmazzzák, amely a nyomáscsökkenéses eljárás általánosított megfogalmazása:

$$\begin{array}{l} \text{a termelt gáz} \\ \text{tömege} \end{array} = \begin{array}{l} \text{a tartóban ere-} \\ \text{detileg meglévő} \\ \text{gáz tömege} \end{array} - \begin{array}{l} \text{A tartóban} \\ \text{maradt} \\ \text{gáz tömege} \end{array}$$

A tömegek a térfogatokkal arányosak lévén, a volumetrikus anyagmérleg egyenlet kifejezhető az alábbi módon:

$$Q_p = \frac{V_k}{B_k} - \frac{V_k - W_b + K_w \cdot V_v}{B_p} \quad [16]$$

ahol Q_p = a termelt normálállapotú gáz térfogata

V_k = az eredetileg gázzal töltött póruster térfogata

W_b = a tárolóba belépő víz térfogata

K_w = a víz kompresszibilitási együtthatója

V_v = a gázzal együtt termelt víz térfogata

B_k = a gáztérfogat térfogatváltozási tényezője a kitermelés megkezdése előtt, amikor a tárolóban P nyomás és T hőmérséklet uralkodik

B_p = a gáztérfogat térfogatváltozási tényezője Q_p mennyiségű gáznak a tárolóban való eltávolítása után

A [16] egyenlet B_p-vel végigszorozva és bevezetve a $Q = \frac{V_k}{B_k}$ kifejezést, a tartóban eredetileg jelen volt gáz Q mennyisége

$$Q = \frac{Q_p \cdot B_p}{B_p - B_k} - \frac{W_b + K_w \cdot V_v}{B_p - B_k} \quad [17]$$

Figyelembe véve, hogy a gázzal együtt termelt víz mennyisége a legtöbb esetben elhanyagolható, V_v = 0 esetén a [17] egyenlet a következőképpen egyszerűsödik:

$$Q = \frac{Q_p}{1 - \frac{B_k}{B_p}} - \frac{W_b}{B_p - B_k} \quad [18]$$

ahol

$$B_k = \frac{T \cdot Z}{293 \cdot P} \quad \text{és} \quad B_p = \frac{T_p \cdot Z_p}{293 \cdot P_p} \quad [19]; [20]$$

A [18] egyenlet két ismeretlent tartalmaz, a kezdeti gázmennyiséget (Q) és annak a víznek a térfogatát, mely a gáztermelés alkalmával bekerült a tartóba (W_b). Azokban a tartókban, ahol a gáz által elfoglalt pórusterfogata a kitermelés folyamán változatlan marad, tehát a víz nem áramlik be a pórusokba W_b = 0, a [18] képlet a következőképpen módosul:

$$Q = \frac{Q_p}{1 - \frac{B_k}{B_p}} \quad [21]$$

mely egyenlet gyakorlatilag azonos a [14] és [15] egyenletekkel.

A [18] egyenletet általában a telep leművelésének kezdeti időszakára írják fel és lefutása lineáris, a gáz kezdeti Q térfogata az egyenlet extrapolálásával kiszámítható. A legmegbízhatóbb eredmények akkor kaphatók, ha a lemű-

velés első időszakában az intenzív gáztermelés elsősorban a telepnyomás csökkenése révén valószínűleg, tehát a gáz expanziója segítségével. Ha azonban a vízelárasztás szerepet játszik, az eredmények pontosságához kétség fér, mert a [18] egyenlet egyértelműen csak akkor oldható meg, ha a belépő víz mennyisége a teljes kitermelési időszakban ismeretes. Olaszország szakértői ebből a célból javasolták a *Hurst-van Everdingen* instacioner állapotegyenletének víz-beáramlásos tartók anyagmérleg egyenletével való kombinációját abban az esetben, ha a gázkészlet alakja radiális tartómodel alkalmazását teszi lehetővé.

A tartóba belépő víz térfogata ugyanis kifejezhető a

$$W_b = C \cdot \sum \Delta P \cdot Q \cdot (t_d) \quad [22]$$

kifejezéssel, mely a t időtartam alatt és Q gáz-mennyiség kitermelése esetén a tárolóba áramlott víz mennyiségét szolgáltatja. Ebben C a *Hurst-van Everdingen* állandó,

$$C = 2 \cdot r^2 \cdot h \cdot \phi \cdot K_w \quad [23]$$

melyben r a tartó sugara ekvivalens hengeres tartómodel alkalmazása esetén. A [22] egyenletben levő $Q(t_d)$ kifejezés tulajdonképpen a vízzel való elárasztás esetén alkalmazandó dif-fúziós egyenlet dimenziómentes alakja. Ha a dimenziómentes időtényezőt α -val jelöljük

$$\alpha = \frac{t_d}{t} = \frac{K}{\phi \cdot K_w \cdot \mu \cdot r^2} \quad [24]$$

ahol K = a tartó permeabilitása
 μ = a víz viszkozitása.

A *Hurst-van Everdingen* eljárás szirinti közelítéshez szükséges még a vízelárasztás tartó-hányad sugarának és a gáztartó sugarának hányadosa R . A közelítést különböző R -ek és α -ák megválasztásával úgy kell elvégezni, hogy a számított és a mért nyomások között a legkisebb különbség mutakozzék a gázkitermelés különböző stádiumaiban.

A nyomáscsökkenéses eljárás alkalmazásánál akkor mutakozznak nehézségek, ha a tároló kőzetének porozitása nagy, homogenitása kedvezőtlen és nagyobb nyomásesések következnek be termelés közben. Egyes szakértőknek azért az a véleménye, hogy a nyomáseséses eljárást készletbecslésre csak akkor szabad alkalmazni, ha megfelelően pontos nyomásmérési eredmények állnak rendelkezésre a készlet legalább egyötödének kitermelése után. Más szakértők viszont ennél kisebb kitermelési hányaddal is megelégszenek.

C) Olajjal együtt előforduló gázkészletek becslési eljárása

A gáz-olaj viszonyt (egységnyi kitermelt olajban feloldott gáz mennyisége m^3 -ben) rendsze-

rint a kútfejnél határozzák meg 1 at nyomás esetén. A gázkészletbecsléshez átlagos GOV-t számítanak ki a kutató és próbatermelésre beállított kutakon való mérések alapján. Bár ez az eljárás elterjedt és egyszerűen kivitelezhető, célszerűbbnek mutakozznék a GOV meghatározása a tartóból kivett olajmintán való meghatározása. Természetesen a GOV-on kívül a kész-meghatározáshoz szükséges a jelenlevő olajkészlet mennyiségének ismerete is. A kitermelhető olaj mennyiségén kívül gázt az olaj is kibocsát magából, mely kitermeléssel nem távolítható el, a tartóban maradó olajmennyiséget ezért figyelembe kell venni.

Az olajjal együtt előforduló gáz készletbecslésére a legáltalánosabban használt képlet az alábbi:

$$Q = V_r \cdot G + V_i \cdot (G - q) - V_{rs} \cdot P_v \quad [25]$$

ahol V_r = a kinyerhető olaj mennyisége tonnában

V_i = a ki nem termelhető olaj mennyisége tonnában

V_{rs} = a kinyerhető olaj térfogata m^3 -ben a tartó körülményei között, tehát az olajkinyerés végén kapott pórústérfogat

G = az eredetileg mért és átlagosított gáz-olaj viszony m^3/t -ban

q = az egy tonna olajra számított maradék gázmennyiség m^3 -ben a tároló kitermelés utáni végnomásán

P_v = a tároló felhagyási nyomása.

A Szovjetunióban P_v -értékül 10 at-t alkalmaznak.

D) A reménybeli készletek becslési eljárásai

A KGST országokban alkalmazott D készletkategóriák nomenklatúrája némileg utal a feltételezett készletek becslési eljárásaira. Általában a reménybeli készletek becslése pontatlan és megbízhatóságuk mértéke erősen függ a területről kapott geológiai ismeretek és adatok jellegétől. Az eljárások az alábbi csoportokra oszthatók.

1. A komparatív geológiai elemzésen alapuló becslés.

Kimutatandó, hogy a vizsgált terület geológiai szerkezete összehasonlítva valamely ismert és szénhidrogéntartalmú szerkezettel, milyen hasonlatosságokat és különbségeket tanúsít. A különbségek elemzésénél meg kell ítélni, hogy azok a tárolóképesség szempontjából előnyöket vagy hátrányokat jelentenek-e. A legfontosabb összehasonlítási tényezők a következők:

— a rétegek litológiai és sztratigráfiai jellemzői megjelölve a szektoronkénti kőzetminőség változásokat az egész területre vonatkozólag,

- egyes sztratigráfiai szektorok faciesváltásainak jellege és vastagságuknak változásai az egész területen,
- a tartótulajdonságok becslése a tároló minősége és permeabilitási körülményei alapján,
- az ismert szénhidrogén indikáció jellege és eloszlása, valamint megjelenési sajátságai,
- a területen uralkodó szerkezeti és tektonikus elemek jellege,
- az üledékes medence hidrogeológiai és geokémiai sajátságai különös tekintettel a mélységbeli vizekre és a víztartó rétegekre.

Célszerű továbbá nemzetközi összehasonlításokat is végezni a fenti és más adatok figyelembevételével ismert szénhidrogént tároló szediment medencékre vonatkozólag.

Teljes geológiai analógia természetesen soha sem állapítható meg két különböző terület között, de a különbségek értékelésével megfelelő becslések elvégezhetők. Figyelembe véve például ismert területeken előforduló 1 km²-re átlagosan előforduló szénhidrogén mennyiséget, elsősorban a szovjet tapasztalatok arra mutatnak, hogy a komparatív eljárással a hosszútávú tervezésnél felhasználható adatok állapíthatók meg.

2. Becslés szerkezetek jelenléte alapján.

Ha valamely területen ismert vagy feltételezhető a tárolásra alkalmas szerkezetek száma, összehasonlítással valamely hasonló szerkezeti számot felmutató területen ismert készletekkel becslések elvégezhetők. Valamely kevésbé megkutatott területen, ahol nem ismeretes a szerkezetek száma, ez megbecsülhető ismert, hasonló geológiai terület szerkezetszámából. Ugyanígy megbecsülhető az egy szerkezetre jutó készlet mennyisége is, figyelembevéve az esetleges geológiai különbségeket. A készletek kitermelhetőségi viszonyait azzal az együtthatóval szokás kifejezni, mely megmondja, hogy valamely területen az ismert szerkezetnek hányadrésze tekinthető produktívnak. Ez az együttható széles határok között (0,3—0,9) változik, általában a tényleges fúrások alapján lehet meghatározni.

A szerkezetek száma és a kitermelhetőségi együttható segítségével végzett becslések azon az elven alapulnak, hogy a földi viszonyok között a szénhidrogén készletek előfordulása szisztematikus. Bár sok esetben ezzel az eljárással

végzett becslések kielégítő eredményekre vezettek, a tényleges szénhidrogén előfordulások elhelyezkedési viszonyai az elméleti feltételezést nem támasztják alá.

3. A volumetrikus genetikus becslési eljárás.

A szénhidrogének keletkezésének elméletei szerint feltételezhető, hogy valamely üledékes kőzetben elhelyezkedő szénhidrogén mennyisége arányos a kőzet teljes térfogatával. Ílymódon valamely üledékes medencében elhelyezkedő kőzet térfogatából következtetni lehet a benne előforduló szénhidrogének mennyiségére. Az egy köbkilométer kőzetben előforduló átlagos mennyiségű szénhidrogénre tapasztalati adatok a számításhoz felhasználhatók.

A földgázkészletek kategorizálására és becslési eljárásaira eddig végzett nemzetközi tevékenység még korántsem befejezett. Az egyes eljárások kritikai értékelése folyamatban van, egyes részletek kidolgozása folyamán a nemzetközi tapasztalatcsere értékes adalékokkal szolgál. Végeredményben megállapítható, hogy a készlet kategorizálási és készletbecslési műszaki tudományos munka a nemzetközi együttműködés hatékonyságának bizonyítására alkalmasnak tűnik.

IRODALOM

1. ECE Cttee on Gas. ST/ECE/GAS/28.27 March 1969.
2. Földgázkészletek, földgáztermelés és geológiai kutató fúrások a Szovjetunióban. Kézikönyv. CNIITE NEFTEGAZ, Moszkva, 1964.
3. Avrov, V. J. és mtársak: A Szovjetunióban feltételezett gázelőfordulások értékelése. GOSZTOP-TECHIZDAT. Leningrád, 1963.
4. Procedures and Definitions of the Committee on Natural Gas Reserves. American Gas Association. INC. New York, 1965.
5. ECAFE Report. UNO. E/CN. 11/194NR/PR. 3/L. 3.
6. Katz, D. L. és mtársak: Handbook of Natural Gas Engineering. Mc. Graw Hill Book Co. Inc. New York. 1959.
7. Zsdanov, M. A. munkatársak: Olaj és gázkészletek becslése. Gosztoptehizdat. Moszkva. 1959.

Dr. G. Korányi:

INTERNATIONAL COMPARISON OF CATEGORIZATION AND ESTIMATION METHODS ON NATURAL GAS RESERVES

Estimation and evaluation methods are surveyed according to relevant activities of the UN EEC Gas Committee.

Comparison is made between the categorization and estimation methods in several european countries and in the US. Formulas for calculation of reserves by strata prospection data and by the pressure drop method are outlined.

Adatok a kötőanyagipari nyersanyagok mintavételi kérdéséhez

Írta: Hegyi Istvánné

Az 1961—68. években végzett nagyarányú kötőanyagipari (cement- és mészipari) nyersanyagkutatás során gyakran felvetődött a minősítő vizsgálatokhoz való mintavétel kérdése. Ennek magyarázata főleg a kötőanyagipari nyersanyagoknak egyéb nyersanyagoktól való — települési, bányászati, felhasználási mód stb. — különbözőségéből adódik. E kutatások során sem a kőszén, sem az érc, sem az egyéb célra végzett földtani kutatások mintavételi előírásai (1) nem használhatók fel változtatás nélkül.

Az elmúlt években a Szilikátipari Központi Kutató és Tervező Intézetben 6 cementgyár részére, 12 területen végeztünk részletes nyersanyagkutatást. E munkák kapcsán, a gyakorlati követelményeknek megfelelően alakítottuk ki a kötőanyagipari nyersanyagkutatás mintavételi rendszerét (2). Ezt a rendszert a Dunai Cement- és Mészmű mész- és agyag nyersanyagkutatásakor is teljes mértékben értékesítettük (3). A fenti mintavételi módot — a kapott vizsgálati eredmények tükrében — egy mész- és egy agyag-fúrás gyakorlati példáján mutatjuk be.

Az 1. ábrán szemléltetett rétegszelvény részlete a nagyszáli mész- és agyagkutatási terület VIII—3. sz. fúrásának 49,4—75,0 m közötti szakasza. A makroszkópos azonosítással megállapított réteghatárokat a szelvény bal oldalán méterben tüntettük fel. A mintavétel és vizsgálatra adás az alábbi szempontok szerint történt. Átlagmintát vettünk minden egyes rétegből, melynek a CaO-ból számított CaCO_3 % tartalmát ábránkon a réteg közepébe írtuk. Ellenőrzés, valamint a fúrási anyag ásvány-kőzettani jellemzése céljából, általában 5 méterenként, illetve a jellemző kőzettípusokból pont (egyedi) mintát vettünk. Ezek helyét méterben a szelvény jobb oldalán tüntettük fel. A pontmintákból részletes kémiai — általában 15 m-ként — teljes kémiai és műszeres elemzést végeztünk. A kémiai elemzésekből, illetve a derivatogramok TG-görbéjéből számított CaCO_3 %-ot, a megfelelő mélységhez tartozóan, az ábra közepén találjuk. (Meggjegyezzük, hogy a dolomitos kőzetfeleségek jellemzésére a CaO/MgO arányt, illetve, a dolomit %-os értékét használjuk. A módszer egyszerű szemléltetése érdekében az 1. ábrán csak a CaCO_3 értékét tüntettük fel.)

A minták technológiai — mészégetésre, illetve cementgyártásra való — minősítéséhez, gyakorlati tapasztalatok szerint, egységes kifejlődésű rétegszelvény esetében, általában 15 m, szélsőséges településű képződmények esetében, általában 10 m-ként ún. meghatározott mélységközre vonatkozó (rétegváltozástól független) átlagmintát vettünk és vizsgáltunk. Ezek a kémiai elemzésből számított CaCO_3 % értékei az ábra jobb oldalán, a hozzátartozó mélységközök feltüntetésével találhatók. Az ábrán az átlagminták eredményeit *dölt*, a pontmintákét álló számok jelzik. A feltüntetett eredmények minden esetben vizsgált, illetve műszerrel mért adatok.

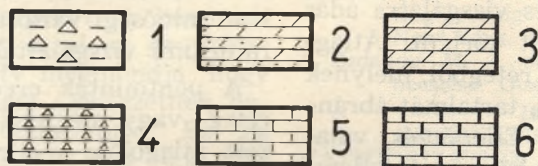
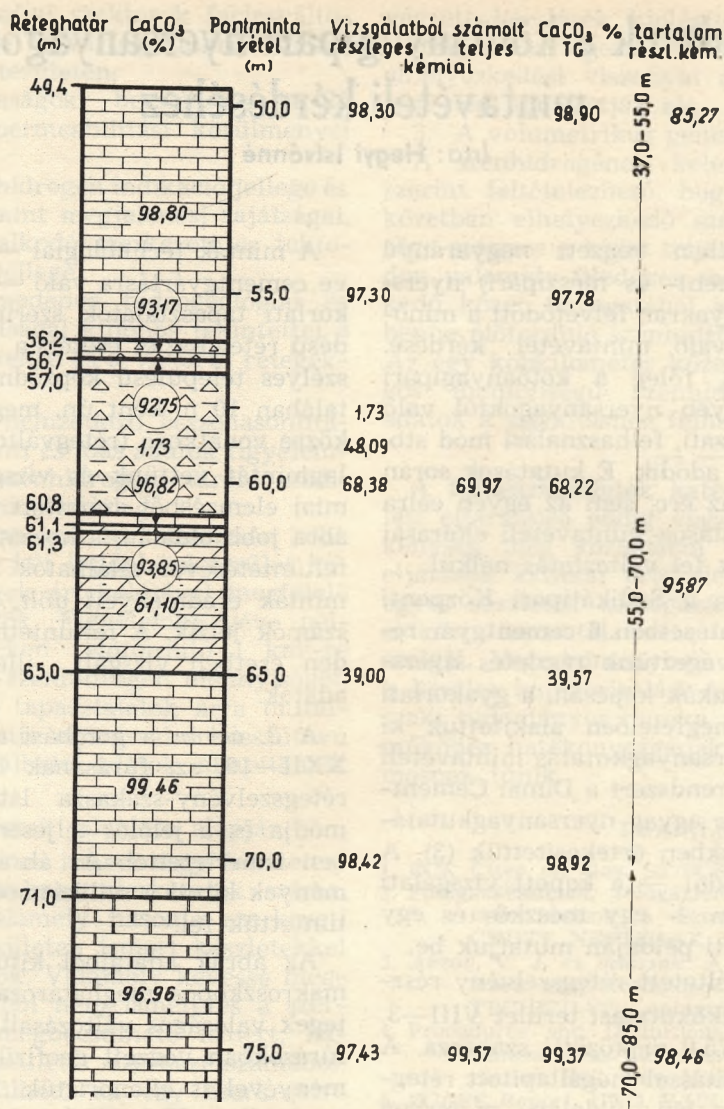
A 2. ábrán a gombási agyagkutatási terület XXII—19. sz. fúrásának 32,5—57,4 m közötti rétegszelvény-szakasza látható. A mintavétel módja és a jelölés teljesen azonos az előzőekben ismertetettel. Az ábrán a vizsgálati eredmények közül a szilikátmodulus (SM) értékeket tüntettük fel.

Az ábrák adataiból kitűnik, hogy a gondos makroszkópos meghatározás jól jellemzi a rétegek valóságos változásait. A réteghatárokat a fúrásokban végzett geofizikai vizsgálatok eredményével is ellenőriztük. Egyes esetekben, pl. az 1. ábra 57,0—60,8 m közötti szakaszában lévő minőségi változás azonban már csak laboratóriumi vizsgálattal dönthető el.

A pontminták eredménye teljesen homogén réteg- vagy megfelelő számú pontminta súlyozott átlagolása mellett egyezik a réteg átlagminták vizsgálati eredményével. A különböző vizsgálati módszerek — jó mintavétel, illetve előkészítés mellett egymással jól egyező eredményeket adnak.

A meghatározott mélységközökre vonatkoztatott átlagminták a technológiai minősítés céljára kiválóan alkalmasak. Azonban az átlagminta (meghatározott mélységre, vagy rétegre vonatkozó) természetesen sem a rétegváltozások finomabb rögzítésére, sem az egyes kőzettípusok ásvány-kőzettani jellemzésére nem megfelelő.

Az egyes fúrások, vagy akár az egész terület meghatározott mélységközre vonatkoztatott átlagmintáinak vizsgálati eredményei számsze-



1. ábra: A Vác—Nagyszál VIII—3. sz. mész-kőfúrás rétegszelvény részlete, a mintavételi helyekkel és a vizsgálati eredményekkel

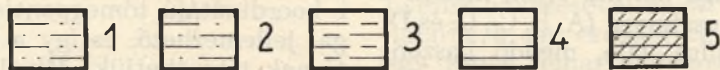
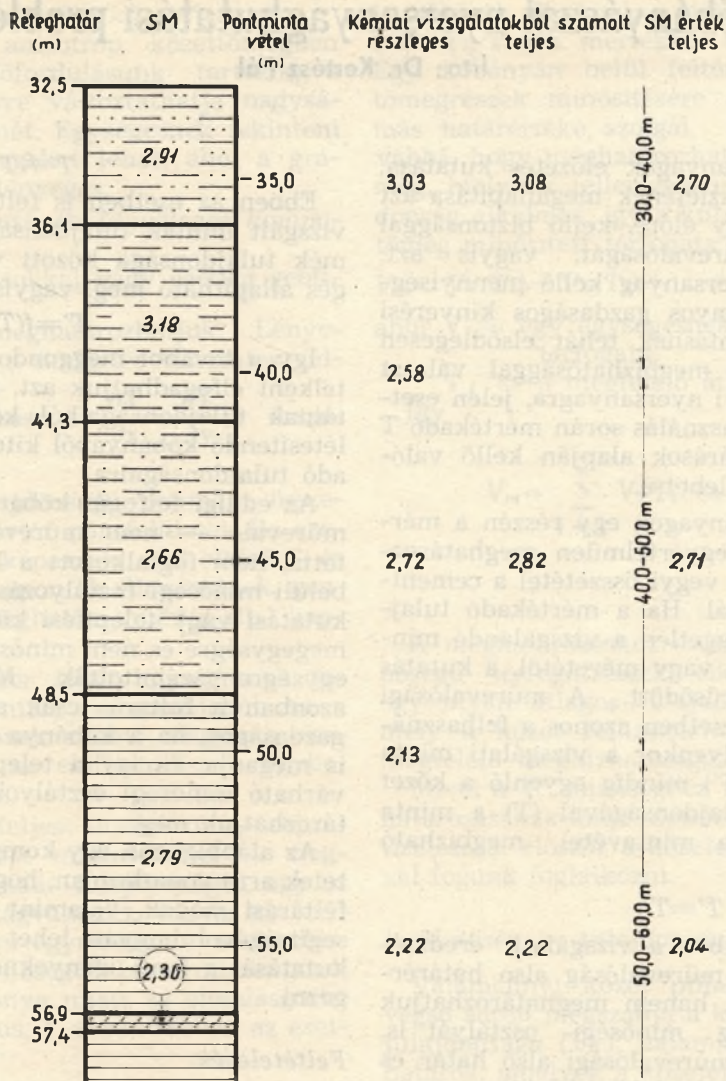
1. mész-kőtörmelék-iszapos kőzetliszt; 2. sárgásszürke, cukorszövetű, helyenként homokköves dolomitos mész-kő; 3. szürkésfehér, tömötszövetű dolomitos mész-kő; 4. szürkésfehér, cukorszövetű breccsás mész-kő; 5. szürkésfehér, tömötszövetű dachsteini mész-kő; 6. szürkésfehér, helyenként hidrotermálisan kissé bontott, tömötszövetű dachsteini mész-kő.

rúen annál közelebb vannak egymáshoz, minél nagyobb a vonatkoztatott mélységköz.

Gyakorlati tapasztalatunk szerint az ismert-tett mintavételi mód, mind a kötőanyagipari nyersanyagok jellemzésére, mind a feltárt területek földtani és ásvány-kőzettani viszonyainak tisztázására, az adott vizsgálati módszerek mellett megfelelő és alkalmas.

IRODALOM

1. Fülöp J.—Szebényi L.—Bárdossy Gy.: Földtani alap-fúrások, felderítő és térképező fúrások tervezése, földtani szolgálata, a fúrási anyag laboratóriumi vizsgálata és kiértékelése, a fúrási anyag megőrzése és selejtezése. Magyar Állami Földtani Intézet, Kézirat, Bp., 1960.
2. Hegyi I.-né: Cementipari nyersanyagok mintavétele



2. ábra: A Vác—Gombás XXII—19. sz. agyagfúrás rétegszelvény részlete, a mintavételi helyekkel és a vizsgálati eredményekkel

1. szürke, kötött finomhomokos iszapos kőzetliszt; 2. szürke, kötött finomhomokos kőzetlisztes iszap; 3. szürke, kötött iszapos kőzetliszt; 4. szürke, kötött kőzetlisztes iszap; 5. világosbarna, hidrotermálisan bontott kötött kőzetlisztes iszap.

és laboratóriumi vizsgálatának előkészítése. *Földtani Kutatás* 1966. IX. évf. 3. sz. 44—45.

3. *Vitális Gy.—Hegyi I.-né: Zárójelentés a Dunai Cement- és Mészmű mészko és agyag nyersanyag-kutatásáról.* ÉVM. SziKKTi Szilikátkémiai Osztály. Kézirat, Bp., 1967.

Hegyi I.:

ANGABEN ZUR FRAGE VON PROBEN DER ROHMATERIALE IN DER BINDEMITELEINDUSTRIE

Im Laufe der Rohmaterialerkundungen für die Bindemittelindustrie (Zement- und Kalkindustrie)

taucht die Frage der zu den Qualifizierungstersuchungen notwendigen Proben auf. Das lässt sich durch den Unterschied erklären, der zwischen Rohmaterialien in allgemeinen und denen der Bindemittelindustrie bestehen, in der Art der Lagerung, der Ausbeutung und der Anwendung.

Das Forschungs- und Projektierungsinstitut der Silikatenindustrie führte in den letzten Jahren eingehende Erkundungen nach Rohstoffe für 6 Zementfabriken auf 12 Gebieten. Im Laufe dieser Arbeiten ist ein System des Probennehmens gestaltet worden. Dieses System wird in der Artikle durch das praktische Beispiel einer Kalk- und einer Tonbohrung, durch die Analyseangaben vorgestellt.

A kőbányászat nyersanyagkutatási problémái

Írta: Dr. Kertész Pál

Az ásványi nyersanyagok előzetes kutatása, az ásványvagyon készletének megállapítása azt a célt szolgálja, hogy előre, kellő biztonsággal határozzuk meg műrevalóságát, vagyis azt, hogy az ásványi nyersanyag kellő mennyiségben elér-e egy bizonyos gazdaságos kinyerési határértéket. A kutatásnak tehát elsődlegesen arra kell elégséges megbízhatósággal választ adni, hogy az ásványi nyersanyagra, jelen esetben a kőzetre a felhasználás során mértékadó T tulajdonságot a feltárások alapján kellő valószínűséggel remélni lehet-e.

Az ásványi nyersanyagok egy részén a mértékadó tulajdonság egyértelműen meghatározható, mint például a vegyi összetétel a cementipari nyersanyagoknál. Ha a mértékadó tulajdonság vizsgálata független a vizsgálandó minta fizikai állapotától, vagy méretétől, a kutatás lényegesen leegyszerűsödött. A műrevalósági kritérium ebben az esetben azonos a felhasználási kritériummal. Ilyenkor a vizsgálati minta mért tulajdonsága (T') mindig egyenlő a kőzet mértékadó, saját tulajdonságával (T) a minta környezetében, ha a mintavétel megbízható volt, azaz

$$T' = T$$

Ezekben az esetekben a vizsgálati eredményekkel nemcsak a műrevalóság alsó határértékét lehet megadni, hanem meghatározhatjuk a feltárt nyersanyag minőségi osztályát is, vagyis azt, hogy a műrevalósági alsó határ és az optimális tulajdonság értéke között a nyersanyag átlagtulajdonsága hol áll. Ilyen módon a nyersanyagokat 3—4 osztályra (A, B, C_1, C_2 és D) és ezenkívül nem műrevaló, meddő hasznosnyagra osztjuk.

Az építőanyagként felhasználható kőzetek tulajdonságait azonban nem lehet ilyen egyszerűen meghatározni. A zúzottkövek esetén például a termék minőségét a kőbánya több részének átlagos minősége, illetőleg a különböző minőségű kőzetek gyakorisága szabhatja meg, ha a különböző geológiai folyamatokon átesett közetszemcsék a zúzás-osztályozás során keveredtek. A felhasználandó zúzottkövek minőségét a termék előállításának technológiája is befolyásolja, s emiatt a mintaanyagból végzett vizsgálati eredmények nem azonosak a termék vizsgálati eredményeivel. A zúzottkövek minőségét olyan vizsgálati módszerekkel határozzuk meg (pl. Deval módszer), melyek a fúrási anyagon el sem végezhetőek. Ilyenkor tehát a feltárásokból kikerülő kőzetminta vizsgálható tulajdonsága (T') és a felhasznált kőbányatermék tulajdonsága nem lehet azonos, vagyis

$$T' \neq T$$

Ebben az esetben is feltételezhetjük, hogy a vizsgált minták tulajdonsága és a kőbányatermék tulajdonsága között valamilyen összefüggés állapítható meg, vagyis

$$T' = f(T)$$

Így a további megfontolásainkhoz alapfeltételként elfogadhatjuk azt, hogy a kutatás min-táinak tulajdonságaiból következtetni lehet a létesítendő kőbányából kitermelt kőzet mértékadó tulajdonságaira.

Az eddigi felfogás kőbányák esetében csak a műrevaló — nem műrevaló határkérdést vitatta, nem foglalkozott a létesítendő kőbányán belüli minőségi osztályozás lehetőségével, sőt a kutatási vagy telepítési költségeket is csak tömegegységre és nem minőséggel javított tömegegységre számították. Megítélésünk szerint azonban a feltárás csak akkor biztonságos és gazdaságos, ha a kőbánya minőségi kategóriáit is megadja, és így a telepítés körülményeit a várható minőségi osztályok függvényeiben határozhatjuk meg.

Az alábbiakban egy komplex módszert ismer-tetek arra vonatkozóan, hogy a fúrások és egyéb feltárási módok, valamint szabatos vizsgálatok segítségével hogyan lehet egy kőbányavagyon kutatását a fenti igényeknek megfelelően elvégezni.

Feltételezés

Feltételezésünk szerint a kőzet minden x, y, z koordinátájú tömegpontja egy T tulajdonsággal jellemezhető, és így a kőzettömeget *skalárter-ternek* tekinthetjük. Mivel a különböző kőzet-tulajdonságokra — ha egymással részben össze is függő — különböző skalárterek szuperpozícióját kellene elvégezni, (és ez túlságosan bonyolult), további vizsgálódásainkat egy T tulajdonságra végezzük, amit majd a későbbiekben minőségi osztályként fogunk kezelni. Hasonlóképp túl bonyolulttá válna a kérdés, ha a kőzettömeget vektortérként tekintenénk.

A kőzettömeget jelképező skalárteret csak ritkán lehet *homogénnek és kvázi izotrópnak* venni. Ebben az esetben a tér minden tömegpontja azonos T tulajdonságú, és így a skalárter változására jellemző grádiens (G) zérus (1).

$$G = \text{grad } T = \frac{\partial T}{\partial x} i + \frac{\partial T}{\partial y} j + \frac{\partial T}{\partial z} k \quad (1)$$

A homogén, anizotróp felépítésű kőzetben (pl. gránitok, a mállottság szabályos változása esetén), a grádiens a skalárter (kőzettömeg) egé-

szére azonos nagyságú és értelmű. Így itt egy G gradiens jellemzi az *egész közettömeget*.

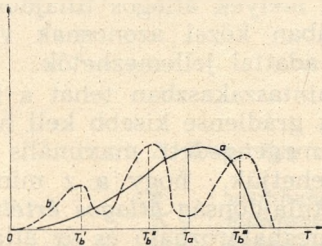
A heterogén és anizotróp közettömegben (ahová a legtöbb előfordulásunk tartozik), a gradiens helyről-helyre változtathatja nagyságát, irányát és értelmét. Egységesnek tekinteni csak olyan közettömegeket lehet, ahol a gradiens változása nem lényeges.

A skalártér gradiensének *függőleges komponensét* $\left(\frac{\partial T}{\partial z} \mathbf{k}\right)$ a fúrásokkal vagy esetleg geofizikai módszerekkel meghatározhatjuk. Lényeges feladatunk tehát a skalártér vízszintes változásának meghatározása a $\frac{\partial T}{\partial x} i, \frac{\partial T}{\partial y} j$ összetevőkkel.

Az azonos T_i tulajdonságú pontokat összekötő felületek a skalártér szintfelületei. Ha ezeket olyan pontokban képezzük, ahol eltérő T_1 és T_2 tulajdonságú tömegpontok illeszkednek, geológiai felületeket (réteghatár, vetődés stb.) kapunk.

Egy kőbányát akkor lehet egységesnek tekinteni a készletszámítás szempontjából, ha a skalártér is egységesnek vehető, vagyis a skalártér szintfelületei az előforduláson egybeesnek.

Ha egy kőbánya teljes anyagából — reprezentatív torzításmentes mintavétellel — meghatároznánk a mértékadó tulajdonságot, úgy az folyamatos tulajdonságváltozás, vagyis kis gradiens esetén általában egymaximumos eloszlásgörbét adna (a „jóminőségű” kőzet minőségénél nagyobb értékek hiánya miatt az eloszlásgörbe általában aszimmetrikus, 1. ábra). Abban az eset-



1. ábra.

1. ábra: A T tulajdonság eloszlás-görbéje folyamatos (a) és ugrásszerű (b) minőségváltozás esetén

ben, ha a változások élesen elkülönülő tulajdonságú közettömböket választanak el, a T tulajdonságok eloszlásgörbéje az elkülönülő típusoknak megfelelő többmaximumos.

A továbbiakban feltételezzük, hogy a kőbánya kőzete elkülönülő minőségi típusokból áll,

és így az eloszlásgörbéken külön maximumok is adódnak. Ezeknek a típusoknak a minőségét a T_1, T_2, T_3 stb. mértékadó tulajdonságok jelzik. Egy kőbányán belül feltételezhetjük, hogy a tömegrészek minősítésére azonos tulajdonság más határértéke szolgál. Feltételezhetjük továbbá, hogy meghatározható olyan V_i közettömeg, melynek jellemzésére a T_i átlagos tulajdonság alkalmas, így a kutatással feltárt közettömeg minősített térfogata (V_m):

$$V_m = V_1(T_1) + V_2(T_2) + \dots + V_i(T_i) + \dots + V_n(T_n)$$

ahol V_i = egy egységesnek vehető közettömeg térfogata

T_i = a megfelelő átlagos tulajdonsága

Így

$$V_m = \sum_{i=1}^n V_i T_i \text{ és } T = \frac{V_m}{\sum_{i=1}^n V_i}$$

A meghatározáshoz szükséges az azonos minőségű térfogatrészek elkülönítése, másrészt egy olyan átlagos tulajdonság meghatározása, mely a kőzet felhasználásbeli tulajdonságait megfelelő megbízhatósággal jellemzi.

Mivel a T minőséghez tartozó térfogat meghatározásának alapfeltétele a minőségi kérdések tisztázása, először a kőzetek minőségi kérdéseivel fogunk foglalkozni.

1. Minőség — tulajdonság

Valamennyi kőzet pillanatnyi tulajdonságát végső soron megszabja a keletkezéskor fennálló tulajdonsága (T_0), valamint azok a geológiai hatások, amelyek a kőzetet keletkezésétől kezdve érték. A kőzetek *kőzettani vizsgálata*, a tényezők elemzésével, tehát a kőzet lényegét meghatározva sok esetben egyértelműen eldöntheti egy kőzet felhasználhatóságát (vagy fel nem használhatóságát).

A kőzet közettani jellemzőinek jelen állapotát tehát úgy tekinthetjük, mint a kőzetminőség absztrakt fogalmát, melynek következménye minden konkrét — és így valamennyi műszaki — tulajdonság is. A közettani meghatározással azonban csak megközelítően határozhatjuk meg a kőzet állapotát, mert a kőzetet ért hatások és következményeik számbavétele numerikusan nem lehetséges. Ezért a közettani vizsgálat eredménye (T_K') és az absztrakt, komplex közettani tulajdonság (T_K) nem azonos

$$T_K' \neq T_K$$

A kőzetek minőségi kategóriáinak megalkotásához ezek szerint csak a közettani vizsgálat nem elégséges, hanem egyéb műszaki jellemzőket is fel kell használnunk.

Műszaki szempontból legfontosabbnak a szilárdsági tulajdonságokat szokták tekinteni. Eze-

ket elemezve megállapíthatjuk, hogy a kőzet összes szilárdsági tulajdonsága (a jellemzésére használt σ nyomószilárdságot és E rugalmassági modulust beleértve) a kőzetalkotó ásványok, a kötés és a szövet tulajdonságaiból tevődnek össze. Ezek közül csak az ásvány és a kötés legfontosabb tulajdonságait, az ásványok és a kötés szilárdságát (σ , σ_k) és a rugalmassági modulussal jellemezhető merevségét (E_a , E_k) számításba véve, a kőzet szilárdsági tulajdonságait (σ , E) az alábbi összefüggéssel írhatjuk fel:

$$T = \sigma, E = f \begin{pmatrix} \sigma_{a1}, & \sigma_{a2}, & \sigma_{a3} & \dots & \sigma_{ai} & \dots & \sigma_{an} \\ E_{a1}, & E_{a2}, & E_{a3} & \dots & E_{ai} & \dots & E_{an} \\ \sigma_{k1,2} & \sigma_{k2,3} & & \dots & \sigma_{ki,j} & \dots & \sigma_{kn,n+1} \\ E_{k1,2}, & E_{k2,3}, & & \dots & E_{ki,j} & \dots & E_{kn,n+1} \end{pmatrix}$$

A kőzettani vizsgálatokkal meghatározhatjuk a kőzetalkotó ásványok minőségét, sőt mállottságát is, és így szubjektíve interpolálhatjuk a szilárdságot és merevséget is. Ezzel szemben mikroszkópi vizsgálattal sem határozható meg a kötés tulajdonsága, és ezért a mikroszkópi vizsgálat eredménye különösen azokon a kőzeteken nem ad elégséges választ, ahol a kőzet viselkedésére a kötés tulajdonságai a mértékadók.

Így a kőzettani vizsgálat, azaz a kőzet szövetének, ásványainak, mállottságának részletes meghatározása előfeltétele minden műszaki kőzetvizsgálathoz (az MSZ 1991—67 szerint is), de nem helyettesíti azokat.

A műszaki tulajdonságokat megfigyelve megállapíthatjuk, hogy szemben azokkal a lehetőségekkel, amikor a mintavizsgálat eredménye egyben felhasználási kritérium is, az építőiparban felhasználandó kőzetek minőségére egyetlen általános számérték sem alkalmas, mert

- a) a felhasználásra sohasem elégséges egyetlen adat, hanem minimálisan a szilárdság és időállóság kettős kritériumát kell egy kőzetnek kielégíteni, és ezek egymással nem függenek össze egyértelműen,
- b) a felhasználhatósági határérték a kőzettani jellegtől is függ, ugyanaz a szilárdsági határérték más minősítő osztályt jelent pl. mészkőnél vagy bazaltnál,
- c) a különböző felhasználási kategóriákra (pl. építőkö — terméskő — zúzottkő) a művelésághoz más minőségi jellemzőket kell megkívánunk.

A kőbányászati kutatásnál tehát nem lehetséges olyan előírás készítése, mely valamennyi építőipari kőbányára egyformán érvényes, a felhasználási céltól és a kőzettani jellegtől függetlenül.

A kutatási tervhez kapcsolódó vizsgálati tervnek már előre meg kell határoznia azokat a minimális vagy maximális határértékeket, amelyek a szükséges felhasználási mód esetén az értékelésre alkalmasak. Így az elvégzett vizsgál-

atok alapján a kőzetanyag valamennyi valószínű felhasználási módra való alkalmassági fokára kellő biztonsággal kell következtetnünk.

Mivel a vizsgálati költségek a fúrási, feltárási költségeknek csak egy tört részét (10—25⁰/₀-át) teszik ki, úgy kell a feltárásokat terveznünk, hogy a rendelkezésre álló fúrási volumen valamennyi mintáját vizsgálat alá lehessen vonni. Többet ér egy kőbánya értékelése szempontjából valamivel kevesebb folyóméter fúrás, ha viszont az így 20—25⁰/₀-kal csökkentett fúrásmennyiség teljes egészében értékes vizsgálatokkal minősített. A vizsgálatnál nem minősített fúrások költsége nem járul hozzá a skalártér megismeréséhez, csak a kőzettani adatok gyenge sűrítését eredményezi és ez a skalártér tényezőinek egyetlen adatát képviseli csak.

Az előzetes kutatás során, vagy amikor csak egy alacsonyabb kategória szerinti megkutatottságot akarjuk elérni, a feltárások csökkentését ne csak a vizsgálatok csökkentésével érjük el. 2. A fúrási minták értékelése

A vizsgálatokhoz szükséges fúrásokat végig maggal kell végrehajtani. Csak a fúrási magok elemzése alapján lehet a vizsgálati eredményeket a jellemző kőzettömegre (3. pont) extrapolálni. A fúrómagok a tulajdonság — skalártér egy konkrét koordinátával jelzett függőlegesében jellemzik a grádiens és a tulajdonság értékét.

Mivel a vizsgálatok szükségképpen egymástól különálló minták együttes értékelését teszik szükségessé (pl. légszáraz és fagyasztott minták összehasonlítása) és emellett valamennyi pontot önállóan értékelni és geometriailag összehasonlítani nem lehetséges, szükséges, hogy a kőzetből olyan folyamatos mintaszakaszokat alakítsunk ki, melyek átlagos tulajdonságát minden pontjában közel azonosnak vehetjük, és így egy T adattal jellemezhetők.

Egy z mintaszakaszban tehát a kőzet tulajdonságának grádiense kisebb kell hogy legyen, mint egy megengedett maximális határérték. Ekkor feltehetjük, hogy a z mintaszakaszon belül a T tulajdonság átlagos értéke a vizsgálattal jól meghatározható és az átlagostól való eltérés csak a szórástól és nem a tulajdonság szabályos, irány szerinti változásától függ. Ekkor feltehetjük, hogy a mintaszakasz minden z pontjában a tulajdonság (T_{zi}) az átlag körül fog mozogni, vagyis

$$(T_{zi} - T_z) \leq \Delta T_{zi} \quad (2)$$

ahol ΔT_{zi} a megengedett szórás.

Ha ez a feltétel fennáll, kielégítettük a kőzetvizsgálati szabvány (MSZ 1991—67) előírását is, mely azt mondja ki, hogy „a vett minta a jellemezni kívánt bányarész átlagos minőségét képviselje”.

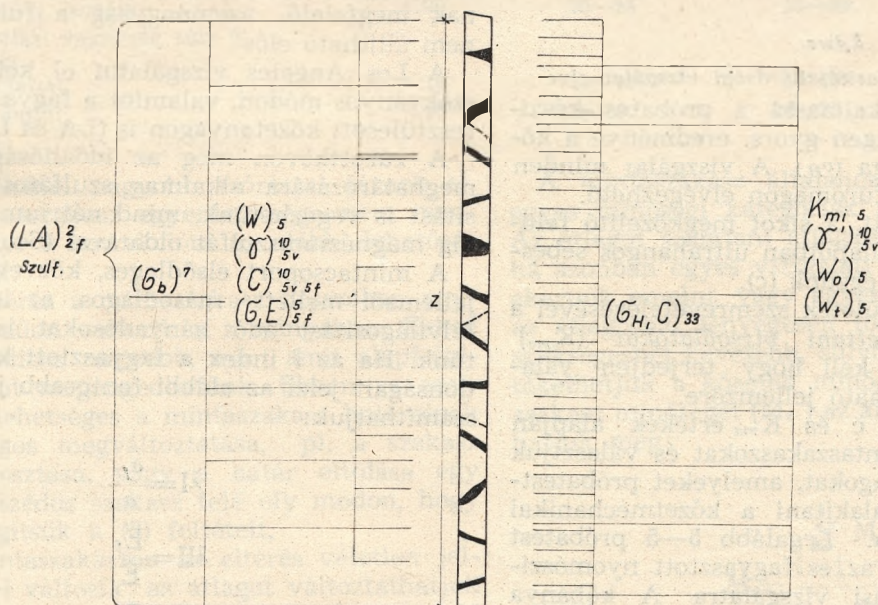
A kőzetek műszaki tulajdonságát alapvetően a folytonos kőzetdarab tulajdonsága és a kőzet

tagoltsága szabja meg. A tagoltság minőségi hatása nem egyértelmű: a zúzottkőbányaszatban egy nem túl sűrű tagoltság kedvező, mert a fejtést és az aprítást elősegíti, míg építőkőbányák telepítésekor a tagoltság minimumát keressük.

A fúrési magok szakaszba sorolásakor még szükségszerűen ismeretlenek a kőzetek részletes vizsgálati eredményei, így a szakaszokba sorolást makroszkópos kőzettani vizsgálat és egyéb gyorsan elvégezhető vizsgálat alapján végezhetjük. Így el lehet határolni azokat a szakaszokat, amelyek önmaguk kielégítik a (2) feltételt. A szakaszok hossza függ a feltárás céljától, a kőzet kifejlődésének egyenletességétől stb. A mintaszakaszok meghatározása után kell a mintaszakaszban lévő mintákat szemrevételezni, hogy milyen mennyiségű és minőségű szabályos

egészét jól elosztott különböző vizsgálatokkal értékeljük. A vizsgálatokat úgy kell kijelölni, hogy azok idő és költségigénye gazdaságos legyen.

Nem lehet pl. egy zúzottkőbánya nyitása esetén megkívánni, hogy valamennyi 5–10 cm hosszú fúrásmaçon teljes szilárdsági és időállósági vizsgálatot végezzünk. Így olyan módon végezhetünk gazdaságos vizsgálatokat, ha kombináljuk a gyors de kevésbé szabatos eredményt adó vizsgálatokat a szabatos vizsgálatokkal, és a gyorsan elvégezhető, nem költségigényes vizsgálatokból minél többet elvégezzünk. Ebben az esetben a vizsgálat kisebb megbízhatóságát a nagy ismétlési szám kiegyenlíti. A vizsgálati eredmények közötti kiegyenlítő szorosságú összefüggések alapján a gyorsabb mód-



2. ábra

2. ábra: Egy z hosszúságú mintaszakasz értékelésére elvégzendő vizsgálatok:

- c : ultrahang terjedési sebesség
- K : mikroszkópi vizsgálat
- w_o : víztartalom szabálytalan próbatesten
- w_t : telítési víztartalom szabálytalan próbatesten
- w : vízfelvétel szabályos próbatesten
- E : rugalmassági modulus
- LA : Los Angeles aprózódás
- $Szulf.$: Szulfátos kristályosítási vizsgálat
- γ : térfogatsúly szabályos próbatesten
- γ' : térfogatsúly szabálytalan próbatesten
- σ_H : hasítószilárdság
- σ_B : brazil húzószilárdság
- σ : nyomószilárdság
- $Ind.$: v : vízzel telítve, f : fagyasztva

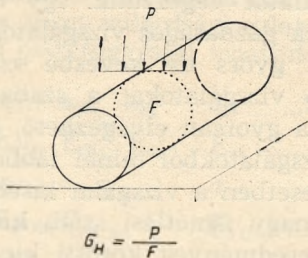
próbatest alakítható ki belőlük és ennek alapján kell az általános vizsgálati terv előírásai szerint a szakaszra érvényes részlettervet elkészíteni.

A vizsgálatokat úgy kell megterveznünk, hogy a szükséges eredményeket kellő számú minta átlagolásával kapjuk, és a mintaszakasz

Az alábbiakban a Budapesti Műszaki Egyetem Ásvány- és Földtani Tanszékén kidolgozott módszer alapján teszünk javaslatot egy zúzottkővet termelő kőbánya kutatásánál elvégzendő szerek eredménye is jól jellemezheti az előfordulást.

vizsgálatokra, minden egyes z mintaszakaszra (2. ábra).

Első vizsgálatként a fűrőmagokat szükséges hosszúságra darabolhatjuk a szovjet *hasítószilárdsági vizsgálat* során (3. ábra). Ekkor a hengeres fűrőmagok tengelyére nagyjából merőleges felületek mentén hasadnak el a fűrőma-



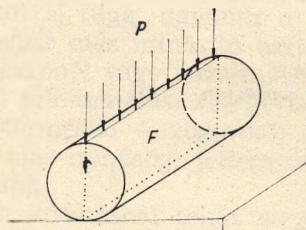
3. ábra.

3. ábra: Szovjet hasítószilárdsági vizsgálat elve. A próbatest-készítésre. A vizsgálat igen gyors, eredménye a kőzet hasítószilárdsága (σ_H). A vizsgálat minden kb. 20 cm-t elérő fűrőmagon elvégezhető.

Az így kialakított, a sikot megközelítő felületeken légszáraz állapotban ultrahangos sebességmeghatározást végzünk (c).

A friss törési felületek szemrevételezésével a makroszkópos kőzettani vizsgálatokat (K_{ma}) végzünk, mely ki kell hogy terjedjen valamennyi megállapítható jellemzőre.

A kapott σ_H , c és K_{ma} értékek alapján határoljuk el a mintaszakaszokat és választjuk ki azokat a fűrőmagokat, amelyeket próbatestként kívánunk kialakítani a kőzetmechanikai vizsgálatok céljaira. Legalább 5—5 próbatest szükséges a légszáraz és fagyasztott nyomószilárdsági-alakváltozási vizsgálatra. A kőbánya igénye és a mintaszakasz lehetőségei szerint ez a szám emelhető, vagy más állapotokban is el-



$$\sigma_B = \frac{2P}{\pi F}$$

4. ábra: Brazil hasítószilárdsági vizsgálat elve. végezhető a vizsgálatok. A próbatesteken meghatározhatjuk a térfogatsúly (γ) és az ultrahangsebesség (c) értékét valamennyi lehetséges

állapotban, a kőzet vízfelvételét (w) és megadjuk a rugalmassági modulus (E) és nyomószilárdság (σ) értékét. Az alakváltozási görbe esetleges egyéb pontjait is meghatározhatjuk.

A maradék fűrőmagokon a brazil szilárdságvizsgálati módszer (4. ábra) szerinti húzószilárdságot határozzuk meg (σ_B). Az ezután fennmaradó szabálytalan darabokból meghatározzuk a térfogatsúlyt (γ), valamint a vízfelvétel és vízleadás folyamatát (w_o , w_e), és kiválasztjuk a kőzetdarabokat a vékonycsiszolat készítésére, hogy mikroszkópos kőzettani vizsgálatokat hajthassunk végre (K_{mi}). A mikroszkópi vizsgálatot a kővizsgálati szabvány előírásai szerint végezzük el.

A fennmaradó kőzetanyagból etalon-mintákat félretéve, a maradékot törőgépen megtörjük zúzottkővizsgálati célra. Erre csak a Los Angeles vizsgálat alkalmas, mert a Deval vizsgálatnak megfelelő szemnagyság a fűrőmagokból nem állítható elő.

A Los Angeles vizsgálatot el kell végezni szokványos módon, valamint a fagyasztáson keresztületesett kőzetanyagban is (LA és LA_f).

A zúzottkővön még az időállóság további meghatározására alkalmas szulfátos kristályosítást is végezhetünk, mind nátrium, mind pedig magnéziumsulfát oldatával (Szulf.).

A mintacsoport elsődleges, közvetlenül mért jellemzői mellett másodlagos, az időállóságra felvilágosítást adó hányadosokat is képezhetünk. Ha az f index a fagyasztott kőzet tulajdonságait jelzi az alábbi fontosabb jellemzőket számíthatjuk:

$$\lambda I = \frac{\sigma_f}{\sigma}$$

$$\lambda II = \frac{E_f}{E}$$

$$\lambda III = \frac{C_f}{C}$$

$$\lambda IV = \frac{LA}{LA_f}$$

Az ismertett vizsgálatokon kívül az átlagképzésre bevonhatjuk a kőzettani vizsgálat eredményét is, pl. a mállottságét, vagy jellemezhetjük a tagoltság értékét is.

A táblázat értékei még egyszerű esetben is igen sok adatot jelenthetnek, amelyek tendenciája nem egyértelmű és a kőzetek jellegétől függő értékek lévén nem értékelhetők általánosan. A 2. ábrán pl. a z mintaszakasz vizsgálata 166 egymástól független adatot szolgáltat, a leszármaztatott tényezőket nem véve figyelembe.

A mintaszakasz értékelésekor egy-egy vizsgálatra jellemzőnek a szakaszban elvégzett vizsgálatok *számítani átlagát* tekinthetjük. Ha az egyes értékek az átlagtól megkivánt maximális

ELVÉGZETT VIZSGÁLATOK ÉS ALKALMAZOTT MINŐSÉGI OSZTÁLYOK A NÓGRÁDKÖVESDI ANDEZIT-KUTATÁSÁNÁL

Minősítő vizsgálatok	minőségi osztály határai			
	1	2	3	4
Mállottság (MSZ 1991), mikroszkópi vizsgálat alapján	1	2	3	4
térfogatsúly légszárazon (MSZ 1991)	>2,70	2,70—2,65	2,65—2,60	2,60>
vízfelvétel (MSZ 1991)	<1,5	1,5 —2,0	2,0 —2,5	2,5<
hasítószilárdság kp/cm ²	>140	140—110	110—80	80>
nyomószilárdság kp/cm ² (MSZ 1991) légszárazon	>1400	1400—1100	1100—800	800>
fagyasztás után	>1250	1250—1000	1000—700	700>
rugalmassági modulus kp/cm ² légszárazon	>380.000	380.000—330.000	330.000—280.000	280.000>
fagyasztás után	>340.000	340.000—300.000	300.000—250.000	250.000>
Los Angeles aprózódás ‰ (MSZ 1991, II. osztály)	<20	20—25	25—35	35<
Kristályosítási veszteség súly ‰ (MSZ 1991)				
Na ₂ SO ₄ oldattal	<10	10—15	15—20	20<
MgSO ₄ oldattal	<15	15—20	20—30	30<

szórás értékénél nagyobb szórással térnek el, úgy a mintaszakasz egyenletessége nem megfelelő. Ekkor a korrekcióra az alábbi lehetőségek vannak:

- az eltérés a mintaszakasz hosszában egyértelműen változik a z irányában. Ekkor a gradiens nagyobb, mint amit alapfeltételként megengedhetünk. Ebben az esetben lehetséges a mintaszakasz határainak utólagos megváltoztatása, pl. a szakasz kettéosztása, vagy a határ eltolása egy szomszédos szakasz felé oly módon, hogy kielégítsük a (2) feltételt,
- a mintaszakáson az eltérés véletlen jelleggel változik: az átlagot változtathatjuk (pl. csökkenthetjük) a szórásnak megfelelő mértékben, vagy a minőségi osztályokat állapíthatjuk meg ennek megfelelően alacsonyabban.

A mintaszakasz minőségét a különböző vizsgálati átlagok együttesen adják meg, azonban a sok adat nem kezelhető. Ezért a mintaszakasz minősítésére az a lehetőség, hogy valamennyi vizsgálati átlageredményt beosztunk egy pl. I—IV-ig terjedő minőségi kategória valamelyikébe. A IV. kategória szélső értéke jelentheti a műrevalóság megítélés szerinti alsó határát, míg az I. kategória az optimális köztulajdonosságra jellemző. Négyenél több minőségi osztály alakítását nem tartjuk megfelelőnek, mert az értékelés túl bonyolulttá válik.

A minőségi osztályokat úgy kell megállapítani, hogy azok valóban kifejezzék a felhasználásnak megfelelő tulajdonságot és a lényegesen eltérő értékeket külön kategóriába juttassák. A minőségi osztályok határai kőzetek és felhasználás szerint változhatnak.

A mintaszakasz általános jellemzésére az egyes minőségi kategóriák átlagértéke szolgál. Az átlagot számtani átlagként is számíthatjuk, ha azonban egyes vizsgálati értékeket külön ki akarunk emelni, vagy egyes vizsgálatok száma az átlagosnál lényegesen több, vagy esetleg a szűkségesnél kevesebb, súlyozott átlaggal is értékelhetjük a kőzetek minőségét. Így a kőzet-szakasz minőségét (M_z) az alábbiak szerint kapjuk meg:

$$M_z = \frac{\sum_{i=1}^n M_i p_i}{n} \quad (3)$$

ahol M_i egy vizsgálati átlag minőségi osztálya
 p_i a megfelelő súly

A nagyobb vizsgálati szóródás esetén vagy a konkrét vizsgálati értéket értékeljük eggyel alacsonyabb kategóriába, vagy pedig egy különálló kategóriát képezünk a mintaszakasz egyenletességére.

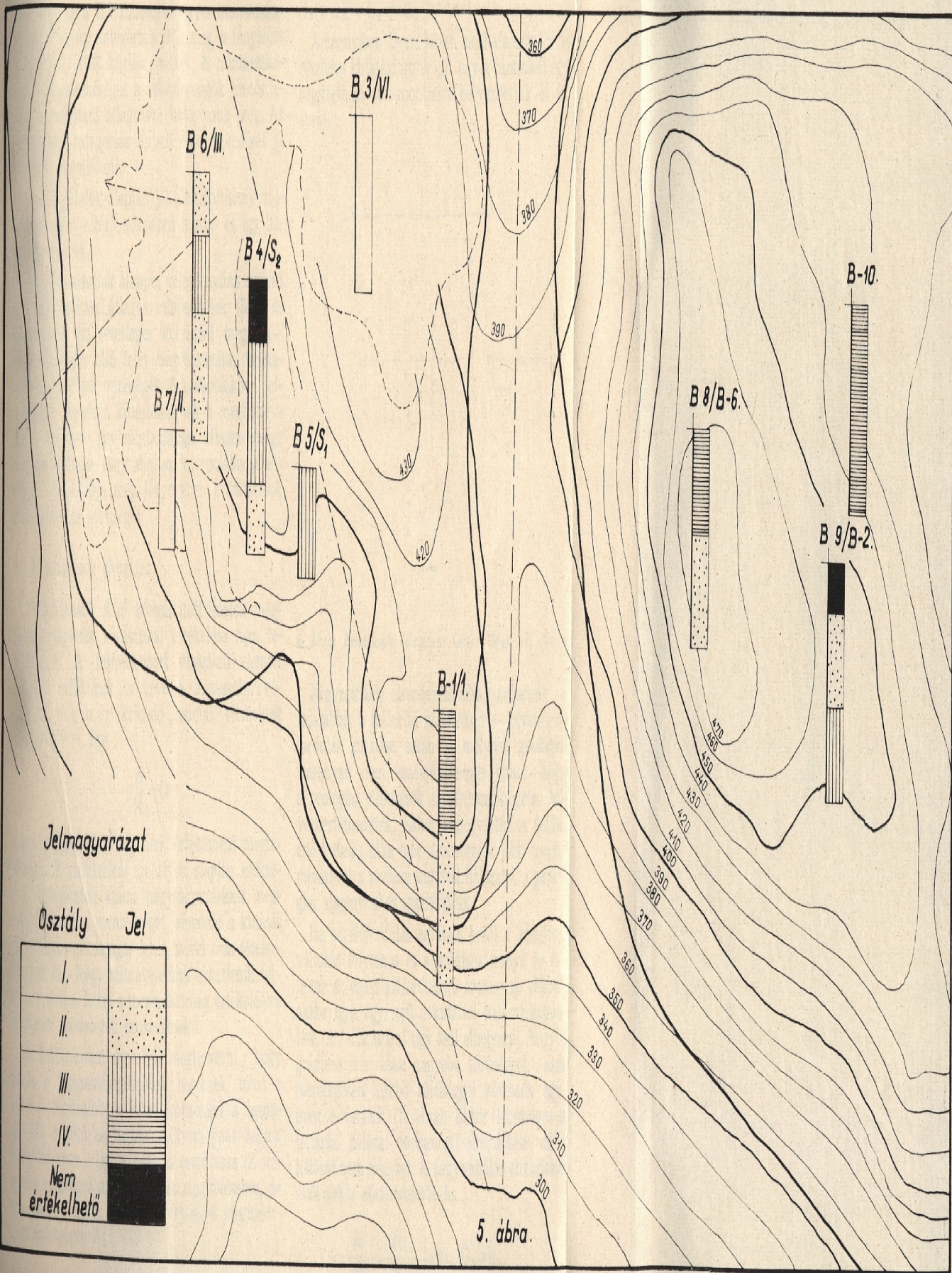
Ilyen minőségi kategóriákat a műszaki gyakorlat egyébként is alkalmaz. Így például az előkészítés alatt álló MSZ 1992 sz. szabvány (Zúzott kőtermékek) három minőségi kategóriát alakított ki a zúzottkővek minősítésére, ahol a Los Angeles, száraz és nedves Deval érték, valamint a két szulfátos kristályosítási vizsgálat eredménye alapján osztja be a zúzottkőveket a, b és c kategóriába.

A mellékleteken egy konkrét feltárás adatai alapján adjuk meg a kiértékelés lehetőségét és adatait. Példaként a Pest megyei Kőbánya Vállalat Nógrádkövesd-berceli kutatásának értéke-

A NÓGRÁDKŐVESDI KUTATÁS MINTACSOPORTJAINAK ÉRTÉKELÉSE

Fúrás	Mintacsoport	Mállott rész	Térfogat-súly légszárazon	Víz-tartalom	hasító szilárd-ság	légszárazon	Nyomószilárdság	fagyasztás után	légszárazon	Rugalmassági modulus	Los Angeles aprózódási vesztl.	Kristályosítási veszteség		Osztiály (Mz)
												Na ₂ SO ₄	MgSO ₄ oldattal	
B 1/1	I.	2	4	4	3	(4)	(4)	(4)	(4)	4	4	2	4	3,6
	II.	2	1	2	3	1	1	3	2	3	3	1	1	1,7
	III.	1,5	1	1	1	1	2	3	3	3	3	1	1	1,9
B 3 6	I.	3	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1,3
	II.	3	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1,4
B 4 S ₂	I.	3,3	2	3	4	2	3	4	4	3	3	4	4	3,3
	II.	2,5	1	1	2	1	2	3	4	2	2	1	1	1,9
B 5 S ₁	I.	1,4	4	2	2	2	3	4	3	3	3	1	3	2,6
B 6 III.	I.	3	2	2	2	2	2	3	4	3	3	1	1	2,3
	II.	3,5	3	2	4	4	(4)	4	(4)	4	4	1	2	3,2
	III.	2,5	1	2	1	1	2	2	4	3	3	1	1	1,9
B 7 II.	I.	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	1	1	1,2
B 8/4-6	I.	3,7	4	2	4	(4)	(4)	(4)	(4)	2	2	3	3	3,4
	II.	3,3	1	1	1	3	4	4	4	2	2	1	1	2,3
9 B/2	I.	3,7	2	1	2	1	2	2	2	2	2	1	4	2,1
	II.	4	2	2	1	2	2	4	4	3	3	4	4	2,9
B/10	I.	3	4	4	(4)	(4)	(4)	(4)	(4)	3	3	2	4	3,6
	II.	4	4	4	3	3	3	4	4	3	3	2	4	3,5

A zárójelben lévő (4) számok azt jelentik, hogy szabályos próbatest nem volt kialakítható.



Jelmagyarázat

Osztály Jel

I.	
II.	
III.	
IV.	
Nem értékelhető	

5. ábra.

5. ábra: A nógrádkövesdi berceli kutatási terület a fúrásokkal és a feltüntetett minőségi osztályokkal

lését vettük (a fúrásokat végezte az Országos Földtani Kutató és Fúró Vállalat 1967-ben).

Az elvégzett vizsgálatokat és a szubjektive megállapított határokat az I. táblázat taralmazza, míg a II. táblázat az egyes mintaszakaszok minőségi kategóriáit adja meg, a tényleges vizsgálati érték közlése nélkül. A mintaszakaszok átlagminőségét a tulajdonságok minősítésének számtani átlagaként határozzuk meg. Az értékelési kategóriák térbeli elhelyezkedését az 5. ábra szemlélteti.

A vizsgálatok alapján jól elkülöníthetők voltak az igen eltérő minőségű minta- és így bányaszakaszok.

Az elmondottak alapján véleményünk szerint a mintaszakasz átlagos minőségének (M_z) és hosszának (z) (esetleges korrigált) megállapítása a kérdés első felét megválaszolta, meghatározta a kőzet minőségét. A továbbiakban feladatunk annak a kőzettömegnek a meghatározása, amelyre egy mintaszakasz átlagminősége extrapolálható, vagy ahol az interpolálás lehetséges. Ez szabja meg lényegében a feltárások eloszlását és sűrűségét.

3. A feltárások eloszlása

A feltárások által szolgáltatott adatok megbízhatóságának statisztikai értékelése nem lehetséges. A mintacsoport vizsgálati elemeit azonos értékűnek is véve a mintaszám véges (n), míg az értékelendő „halmaz” elemeinek száma $N \rightarrow \infty$. Így

$$\frac{n}{N} = 0$$

azaz a megbízhatóság nem értékelhető megfelelően. A statisztikai szabályok alapján szükséges vizsgálatok száma nagyságrendekkel meghaladná azt a mennyiséget, ameddig a kutatás egyáltalán gazdaságos lehet, mivel nem tételezhetjük fel, hogy mintavételünk okvetlenül torzításmentes. Ezért a megbízhatóság értékelésére földtani módszerek szükségesek.

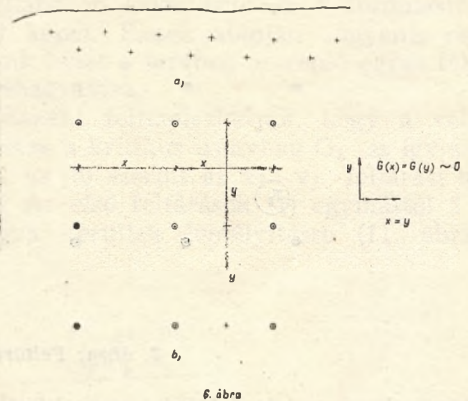
A feltárásokat úgy kell megtervezni, hogy azok a leggazdaságosabbak legyenek, tehát a lehető legkisebb feltárási költséggel a legnagyobb értékű és legtöbb kőzetvagyonot tudjuk meghatározni. Így a feltárás összhossza (Z) legyen elégséges az előfordulás megítéléséhez, de ne legyen több, mint a biztonságos megítéléshez szükséges Z_{min} érték

$$Z \sim Z_{min} = f(G)$$

A Z_{min} érték előfordulásonként változik, és értéke függ a skalártér grádiensének értékétől és eloszlásától. Ha egy előfordulás $G \rightarrow 0$, akkor elvileg egyetlenegy minősítő adattal tetszésszerűn kőzettömeget lehet meghatározni. Ilyen helyzet lehetséges pl. egy gránitbatolit kutatásakor, vagy olyan üledékes kőzetek értékelése során, melyek tulajdonságai nagy területen

areálisan változatlanok, pl. a germán triász egyes szintjeiben (kagylósmész). E kőzetek areális elterjedése nagy, ugyanakkor tulajdonságaik csak igen kis mértékben változnak, így $G_z \neq G_x = G_y = 0$.

Amennyiben ilyen kőzet meghatározására is részletes kutatást írunk elő, úgy a fúrásokat egy négyzetháló sarokpontjaira helyezhetjük el (6. ábra).



6. ábra: Feltárások telepítése $G(x) = G(y) \sim 0$, esetén

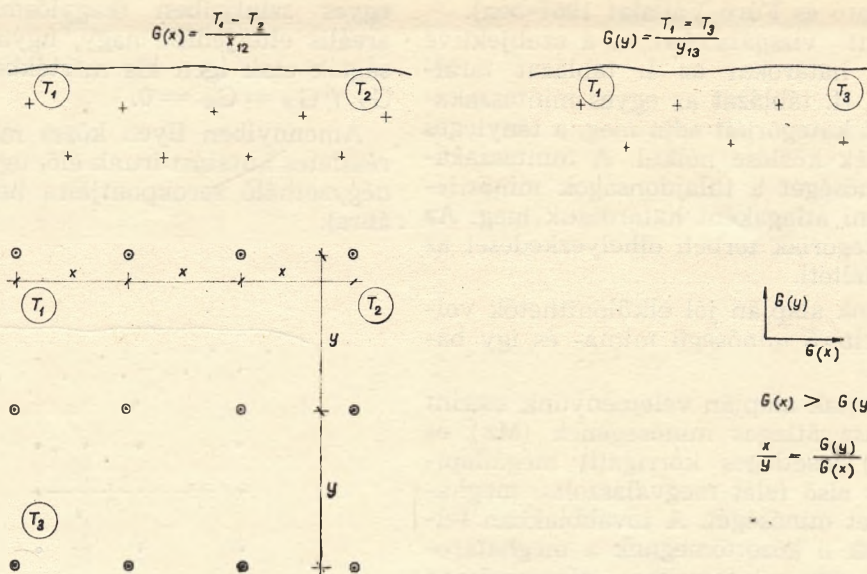
—Négyzethálós elrendezést alkalmazhatunk — legalábbis a felderítő szakaszban — olyan előfordulás kutatása során is, melynek geológiai viszonyait nem ismerjük eléggé ahhoz, hogy a geológiai változások törvényszerűségeire következtethessünk. Ekkor a négyzethálós felderítő kutatás után már a viszonyok jobb megismerésével a további kutatási hálózatot a geológiai viszonyokhoz igazíthatjuk.

Ha az előfordulás határain belül a kőzettani változás folytonos és a grádiens iránya és értelme az egész előfordulásra azonosnak vehető, akkor igen egyszerű a kutatási hálózat kijelölése. A feltárásokat úgy kell elhelyezni, hogy a grádiens irányában nagyobb sűrűséggel, arra merőlegesen kisebb sűrűséggel kövessék egymást a fúrások (7. ábra). Ekkor lehetséges a feltárási hálózat derékszögű elrendezése, de a hálózat nem négyzet. A négyzethálós elrendezés csak akkor alkalmazható, ha

$$\frac{\partial T}{\partial x} = \frac{\partial T}{\partial y} \text{ azaz } G_x = G_y$$

Ekkor (és csakis ekkor) szabad a hálók oldalhosszát azonosnak venni.

Ha a kőzettani változás egyes diszkrét pontokon ugrásszerű, vagyis a grádiens értelme és nagysága nem azonos még egy irányban sem, a feltárási hálózatot szigorúan a geológiai-kőzettani viszonyoknak megfelelően kell telepíteni. A kijelölésnek a lehetőség szerint úgy kell

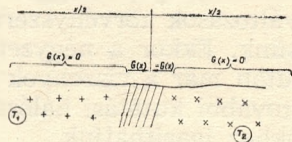


7. ábra.

7. ábra: Feltárások telepítése $G(x) \neq G(y)$ esetén

történnie, hogy a két feltérési pont közötti távolságot felezze a gradiens ugrása (8. ábra).

Ekkor a hálózat nem négyzethálós, sőt nem is követ okvetlenül valamilyen egyszerű geometriai idomot. A hálózat kitűzéséhez igen részletes geológiai megfigyelések után kezdhetünk csak hozzá.



8. ábra.

8. ábra: Feltárások elhelyezése azonos távolságra a $G(x)$, $-G(y)$ határfelülettől

A feltérési terv készítésekor tehát már ismernünk kell a geológiai viszonyokat az előfordulás egészére olyan mértékben, amennyire az a feltérások nélkül egyáltalán lehetséges.

3.1 Interpolálási és extrapolálási lehetőségek

Ha a fúrások értékelhető hossza egy mintaszakaszt képzett, úgy a helyzet egyszerű. Több mintaszakasz alkotása esetén meg kell kísérelnünk a szakaszok elválasztását a szomszédos feltérásokon át készített földtani szelvényeken és így a skalártér szintfelületeinek megközelítését.

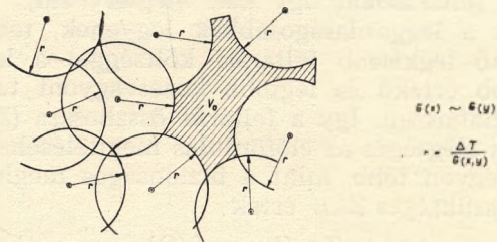
Szomszédos fúrások között az interpolálás akkor lehetséges, ha a

$$\frac{T_1 - T_2}{x_1 - x_2} = \frac{\Delta T}{x} \leq G \quad (4)$$

vagyis az átlagos minőségváltozás egy — a közetre megadható — G határértéknél kisebb, és emellett geológiai szemlélet alapján a két feltérás között eltérő minőségű közetrészeket (pl. mállott zóna, eltérő anyagú lávaömlés) nem kell feltételeznünk (7. ábra).

Ha a (4) feltételünk nem érvényes, akkor kellő megbízhatósággal nem lehet interpolálni. Az interpolálás megbízhatóságát növelhetjük geofizikai vizsgálatokkal, melyek ugyan nem adnak közvetlen felvilágosítást a közetek minőségére, de igen érzékenyen jelzik a minőségváltozásokat és így a határfelületeket (a skalártér szintfelületeit jól megadják).

Ha erre nincs lehetőségünk, a két feltérás között nincs interpolálási lehetőségünk. Ekkor



9. ábra.

9. ábra: Nem minősíthető közettömeg feltérások között meg kell határozni azt a távolságot (9. ábra), amelyre a (4) szerint

$$x_j = \frac{\Delta T}{G} \quad (5)$$

Ha ebben a képletben a megadott tulajdonságváltozás (ΔT) pl. egy minőségi osztály, vagyis $\Delta T = 1,0$ és a megengedett gradiens $G = 2,0$ minőségi osztály/100 m, akkor a fúrás által megbízhatóan jellemezhető közettömeg (extrapolált) határa a fúráspontról 50 m.

Amennyiben az egyes feltérési pontok körül így meghatározott határvonalak nem metszik vagy érintik egymást (9. ábra), akkor a minőségileg meghatározott közettömeg mellett ismeretlen minőségűt (V_0) is kell a mérlegben szerepeltetnünk. Ezt kellő biztonsággal csak az előforduláson meghatározott lealacsonyabb minőségi osztályba sorolhatjuk. Lehetséges azonban az is, hogy a határos minőségi osztályokat erre a tömegre is extrapoláljuk, ugyanakkor pedig a megkutatottság fokát csökkentjük egy értékkel (pl. B-ről C₁-re).

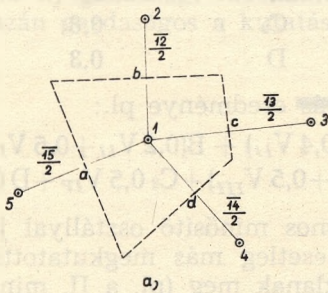
A számításokat általában úgy végezhetjük el, hogy a feltérásokat a körülötte elhelyezkedő

3.2 A feltérások lefolytatása

A feltérásokra azért van szükség, mert az előfordulást még nem ismerjük eléggé. Ezért a feltérások optimális kijelölése előzetesen nem mindig lehetséges. Mivel a feltérési terv elkészítésekor kellő biztonsággal kell dolgoznunk, a feltérást a valószínű legbonyolultabb felépítésre kell megterveznünk.

A feltérásoknak ennek alapján kezdjük is meg, de olyan elrendezésben és sorrendben, hogy a közben folyamatosan végzett vizsgálatok alapján állandóan finomítsuk az előfordulásról alkotott képet. Ennek alapján ugyanis esetleg módunk lehet a tervben szereplő egyes feltérások elhagyására.

Példaként feltételezhetjük, hogy a változás gradiensé a kritikus irányban G_j és így számítottuk az (5) szerint az x_j, y_j feltérési távolságot. Az első feltérások (1) egymástól 2 távolságra kerültek lemélyítésre (11. ábra) és



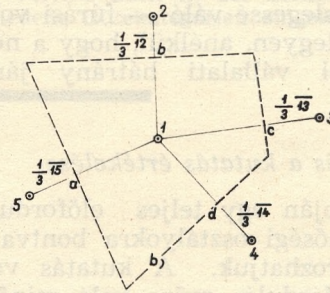
$$\rho(1) = \rho(2-4)$$

$$\sqrt{1a} = \frac{\sqrt{15}}{2}$$

$$\sqrt{1b} = \frac{\sqrt{12}}{2}$$

$$\sqrt{1c} = \frac{\sqrt{13}}{2}$$

$$\sqrt{1d} = \frac{\sqrt{14}}{2}$$



$$\rho(1) = 2\rho(2-4)$$

$$\sqrt{1a} = \frac{2}{3}\sqrt{15}$$

$$\sqrt{1b} = \frac{2}{3}\sqrt{12}$$

$$\sqrt{1c} = \frac{2}{3}\sqrt{13}$$

$$\sqrt{1d} = \frac{2}{3}\sqrt{14}$$

10. ábra

10 ábra: Készletszámítási tömb kialakítása az 1. fúrás körül, a feltérások azonos (a) és eltérő (b) súlya (megbízhatósága) esetén

minősített mező súlypontjának számoljuk. A területet a feltérásokat összekötő egyenesek felező pontjait metsző zárt sokszög vonal, az átlagvastagságot a mintaszakaszok öszvastagsága szolgáltatja (10. ábra). Ha e feltérásokat különböző súlyúnak tekintjük, úgy a fúráspontról a közettömegek határvonalát a fúrások súlyviszonyai határozzák meg.

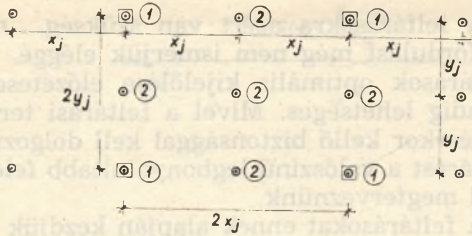
Ha a szakaszok átlagos minőségi osztálya M_j , a terület F_j , az átlagvastagság Z_j , a közettömeg jellemzésére a $V_j = F_j \cdot Z_j$ térfigat szolgál, M_j osztállyal.

értékelésük bebizonyította, hogy feltevésünk túl szigorú volt, a tényleges gradiens

$$G_{eff} = \frac{G_j}{2}$$

tehát az eredetileg tervezett, j távolságban középen lévő (2) feltérásokat a biztonság csökkentése nélkül el lehet hagyni.

Kétség esetén itt is alkalmazhatunk geofizikai módszereket, melyek a fúrásoknál sokkal gyorsabbak és valamivel olcsóbbak.



11. ábra.

11. ábra: Fokozatos feltárás: az 1. fúrások lemélyítése és értékelése után, csak szükség esetén kerül sor a 2. fúrások lemélyítésére

A feltérési tervet tehát dinamikusan kell fel-fognunk, a feltérásokat egy kutatási fázison belül is a fokozatos közelítés elve alapján kell telepíteni. Meg kell arra adni a szervezeti és gazdasági lehetőséget, hogy a feltérési tervben szereplő — és fölöslegessé váló — fúrási volu-men csökkenthető legyen, anélkül, hogy a nép-gazdasági előnnyel vállalati hátrány járna együtt.

4. A közetvagyon és a kutatás értékelése

Az előbbieket alapján egy teljes előfordulás készletét, már minőségi osztályokra bontva is pontosan meghatározhatjuk. A kutatás vég-eredménye, az előfordulás műre való minősít-tett készlete (térfogatban V_m)

$$V_m = V_I + V_{II} + V_{III} + V_{IV} + \dots + V_i \quad (6)$$

Evvel elvileg a kutatás feladatát megoldotta és a telepítőnek feladata megvizsgálni, hogy céljaira a műre való készlet mennyisége meg-felelő-e.

Az előfordulás értékét azonban csak akkor kaphatjuk meg teljes egészében, ha még azt is feltüntetjük, hogy a fenti készletből mennyit lehet a különböző kategóriába sorolni, pl. az alábbi módon:

$$V_m = A(V_I + 0,5 V_{II}) + B(0,5 V_{III}) + C_1 V_{IV} + C_2(0,5 V_{II} + 0,5 V_{III}) \quad (7)$$

Evvel a kutatás minden készletszámítási kér-désre válaszolt, az előfordulás teljes értékelése lehetséges. Ha azonban a különböző közetminő-ségi és feltérás-megbízhatósági kategóriákat azonos súllyal vesszük számításba, úgy nem teszünk különbséget egy első osztályú A készlet, és egy IV. osztályú C_2 készlet között. A kuta-tási költségek gazdaságosságát és a feltárt va-gyon igazi értékét úgy lehet megállapítani, ha vagy pénzbeli értéket rendelünk az egyes minőségi és készletszámítási osztályok mellé, vagy

pedig a kutatás értékét arányos szorzókkal növeljük, vagy csökkentjük. A szorzók megállapítása a kutatás céljától és a feltérás jellegétől függ.

Ha zúzottkövet akarunk termelni a nyitandó bányában, a szokványos zúzottkőnek megfelelő minőséget (II. minőségi osztály) véve egység-ként, példaként az alábbi szorzókkal számolunk:

minőségi osztály	szorzó
I.	1,5
II.	1,0
III.	0,8
IV.	0,5
V.	0

A készletszámítási kategóriák közül a C_1 osz-tályt egységként véve a kategóriák szorzói:

A	1,5
B	1,2
C_1	1,0
C_2	0,8
D	0,3

Egy feltérás eredménye pl.:

$$V_m = A(V_I + 0,4 V_{II}) + B(0,2 V_{II} + 0,5 V_{III}) + C_1(0,4 V_{II} + 0,5 V_{III}) + C_2 0,5 V_{IV} + D 0,5 V_{IV}$$

Itt az azonos minősítő osztállyal jelzett kő-zettömegek esetleg más megkutatottsági kate-góriákba oszlanak meg (pl. a II. minőségi osz-tály az A, B és C kategóriákba is esik).

Ha a minőségi osztályok és a megkutatottsági kategóriák szorzóit alkalmazzuk, a súlyozott ér-tékelés:

(8)

$$V_m = 1,5(1,5 V_I + 1,0 V_{II}) + 1,2(0,2 \cdot 1,0 V_{II} + 0,8 \cdot 0,5 V_{III}) + 1,0(0,4 \cdot 1,0 V_{II} + 0,5 \cdot 0,8 V_{III}) + 0,8 \cdot 0,5 \cdot 0,5 V_{IV} = 0,3 \cdot 0,5 \cdot 0,5 V_{IV}$$

$$V_m = 2,25 V_I + 2,14 V_{II} + 0,8 V_{III} + 0,27 V_{IV}$$

Így tehát lehetőségünk van a kutatási költsé-geket is egy olyan mértékadó tömegrre vonatkoztatni, amelyből a kutatás gazdaságossága (a feltárt közetvagyon mennyisége, értéke és meg-bízhatósága) is figyelembe vehető. Evvel egy-szersmind a telepítendő kőbánya közetvagyo-nának értékéről is kaphatunk felvilágosítást.

Összefoglalás

Az elmondottakban javaslatot tettünk arra vonatkozóan, hogy milyen módon lehetséges a kőbányák nyersanyagkutatását is szabatos ala-pokra helyezni.

Megállapítottuk, hogy a fúrási feltárásból származó minták vizsgálata szabatosan és gazdaságosan elvégezhető. A kőzetek felhasználásának ismeretében a vizsgálati eredményekből a fúrások egy-egy mintaszakaszát szubjektív minőségi osztályokba sorolhatjuk.

A fúrások minősítése alapján, az előfordulás geológiai szemléletével meghatározható az a minősített közettömeg, amelyre a meghatározott minőségi kategória inter- vagy extrapolálható. A megbízhatósági kategóriák felállításával az egész feltárási értékének, illetőleg a kutatás gazdaságosságának meghatározása is lehetséges.

Az ily módon javasolt komplex kutatási folyamat azonban igen alapos és mélyreható geológiai vizsgálatot igényel, mert mind a feltárások telepítésénél, mind a mintaszakaszok kialakításánál, illetőleg a vizsgálatok kijelölésénél és a minősítő osztályok meghatározásánál a geológiai-kőzettani tényezőket igen nagy felelősséggel kell figyelembe vennünk. Így lehet azonban az új gazdasági mechanizmus szellemében igazán gazdaságos a kutatásunk.

Dr. Pál Kertész:

DIE PROBLEME DER VORRATSBESTIMMUNGEN IN DER STEINBRUCHINDUSTRIE

Die geologischen Vorarbeiten in der Steinbruchindustrie können nicht in das System der Erkundung der übrigen Lagerstätten eingereiht werden. Im vorliegenden Arbeit wird es versucht, die theoretischen Grundlagen dieser Vorarbeiten zu klären. In diesem Versuch wird eine Lagerstätte als Skalarfeld betrachtet und die Verteilung der Bohrungen und anderer künstlichen Aufschlüsse wird nach den geologischen Gesetzmässigkeiten des betrachteten Skalarfeldes vorgenommen.

Das grösste Problem in den Bohrarbeiten für Steinbrüche ist solche Probekörper herzustellen, die für das Bestimmen wirklich wichtiger technischer Eigenschaften geeignet sind. Diese Eigenschaften sind aber nicht die selben Kennwerte, die für das gewonnene — und oft gebrochene — Gesteinsmaterial vorgeschrieben werden können. Deswegen wird es ausföhrlich vorgeschlagen, eine allgemeine Bewertung der Prüfungen durch Qualitätsindices durchzuführen. Diese Indices können für die Lagerstätten, oder für einen Teil verallgemeinert werden. In den Kategorien der Vorratsbestimmung können auf dieser Grundlage die Vorräte auch in der Steinbruchindustrie in verschiedene Gütekatogorien eingeteilt werden.

Illitek reológiai és talajmechanikai vizsgálatának összefüggései

Írta: Dr. Szilvágyi Imre

A magyarországi műszaki tervezői tevékenységet az anyagokkal kapcsolatos feladatok, esetenként nehezen magyarázható jelenségek (terefogatváltozásból eredő épületkár, lassú felszínmozgás, vízáteresztőképeség időbeli változása) hosszú idő óta foglalkoztatják. Bár a talajmechanikai vizsgálatok jól jellemzik az agyag tulajdonságait, például adott állapotához tartozó szilárdságot, összenyomhatóságot, a különböző agyagokon mért jellemzők eltéréseire, főképpen azonban a természetben várható változásokra nem tudtak magyarázatot adni. Ezért a *Földmérő és Talajvizsgáló Vállalat* műszaki fejlesztési

feladatai keretében célul tűzte ki a kolloidkémiai, reológiai vizsgálati módszerek bevezetését és a talajmechanikai jellemzőkkel való összehasonlítását.* A vizsgálatok céljára begyűjtöttünk nagy agyagásványtartalmú nemes agyagokat, valamint a mindennapos feladatok keretében feltárt agyagfajtákat az ország különböző részéből. Jelen tanulmány keretében három illites agyag vizsgálatait ismertetjük.

A minták ásványi összetételét és Atterberg-Casagrande féle konzisztencia határait 1. táblázat tartalmazza.

1. táblázat

Szám	Minta jele, származási helye	ásványi összetétele %				konzisztencia határok %		
		illit	kaolinit	kvarc	egyéb	w _L	w _P	I _p
1.	illit (Füzérradvány)	95	—	—	5	88,4	30,0	58,4
2.	illit-agyag (Füzérradvány)	75	—	20	5	62,1	36,6	25,5
3.	illit-agyag (Füzérradvány)	48	10	30	12	48,1	30,3	17,8

E három minta adataiból is látható, hogy a minták képlékenysége az agyagásványtartalommal változik, amit sok egyéb, vegyes összetételű agyag vizsgálata is igazolt. Természetes, hogy az összefüggést a szemcseméret és a kísérő ásványok jellege is befolyásolja. Ha a szemcseméret és kísérő ásványok azonosak (tehát pl. az agyagot inaktív kvarccal hígítjuk),

az összefüggés egészen szabályos. Az 1. jelű minta és kvarccal keverékének vizsgálati eredményeit a 2. táblázat tünteti fel.

A képlékenységi határok nagyságát az agyagban lévő kation jellege is befolyásolja, a kísérletek szerint azonban ez a hatás elenyésző a montmorillonitos mintákon megfigyelhető változáshoz képest (3. táblázat). A kísérletek reprodukáltságáról a párhuzamos meghatározások eltérése tájékoztat.

2. táblázat

	Illit-agyag aránya a keverékben			
	100%	75%	50%	25%
w _L	62,1	50,2	39,3	28,5
w _P	36,6	31,7	28,7	23,2
I _p	25,5	18,5	10,6	5,3

3. táblázat

	K e z e l é s m ó d j a			
	kezeletlen	(NH ₄) ₂ CO ₃	CaCl ₂	NaCO ₃
w _L %	62,1	69,9—70,5	62,7—62,3	70,0—69,1
w _P %	36,6	40,4—39,0	28,3—29,1	34,9—36,1
I _p %	25,5	29,5—31,5	34,4—33,2	35,1—33,0

* Az ismertetett reológiai vizsgálatokat az ELTE Kolloidkémiai és Kolloidtechnikai Tanszék készítette, dr. Rohrsetzer Sándor irányítása mellett.

Feltűnő azonban, hogy a természetes (lényegében Ca kationt tartalmazó) és a CaCl₂-dal kezelt minták esetén, közel azonos folyási ha-

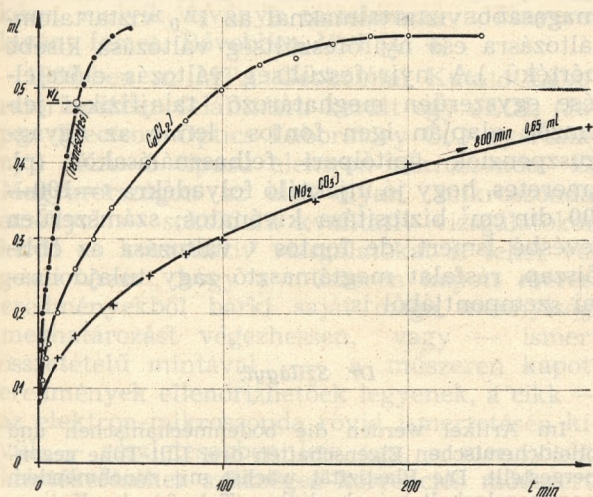
tár ellenére erősen eltér a plasztikus határ, ami a kezelés koagulátató hatásával magyarázható.

A kísérletek után meghatározva a minta T értéke 41,66 mekv 100 g, a kicserélhető kationokra pedig $\text{Ca}^{++}34,62$, $\text{Mg}^{++}6,05$, $\text{Na}^{+}0,87$, $\text{K}^{+}0,65$ mekv 100 g adódott.

A későbbiekben is a T érték meghatározás igen jó felvilágosítással szolgált a minták jellemzésére. Különösen érdekes volt a 3. minta, mely a röntgendiffraktométeres vizsgálat szerint gyakorlatilag illit-agyagásványból állott, T értéke a nyers mintán 40,8 mekv 100 g volt. A minta szemcseösszetételének meghatározása előtt peptizált állapotban $T=49,4$ mekv 100 g volt, majd az ülepítéssel, illetve centrifugálással végrehajtott szemcsefrakciókban az alábbi értékek adódtak:

$>20\mu$: 39,5; $2-20\mu$: 41,0; $0,2-2\mu$: 43,7;
 $<0,2\mu$: 93,5 mekv 100 g. Míg tehát a T érték a durvább szemcsecsoportok esetén a szemcsemérettel csak kevéssé változtak és közel álltak a JASMUND által illitre megadott adszorpciós kapacitás felső határához (20—40 mekv/100 g), a legfinomabb részeké már azt messze meghaladó volt és montmorillonit tartalomra utalt, ami az illit ismert közberettségével magyarázható.

Az agyag viselkedése szempontjából fontos vízfelvétele. Műszaki feladatok esetén remélhetőnek látszott, hogy a vízfelvétel (és így térfogatváltozásból eredő épületkár) kationcserével előnyösen befolyásolható. A FREUNDLICH-BUZÁGH-féle készüléken vizsgált vízfelvételi sebességét az 1. ábra mutatja a 2. anyag termé-

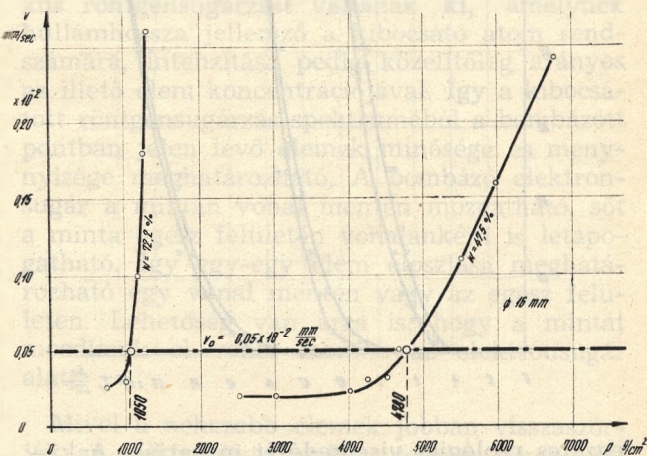


zetes, Na_2CO_3 -tal peptizált és CaCl_2 -dal koagulált mintáin (1 g száraz anyag $n=50^{(1)}$ hézagterfogatú bekészítés). Mindhárom minta vízfelvétele közel azonos volt, a sebesség azonban változott. A peptizált illit vízfelvételi sebességének csökkenése összefüggésben van a duzzadt vízzáró réteg kialakulásával. A koagulált minta vízfelvételi sebessége valószínűleg azért

lassúbb, mert a nagyobb méretű szemcsehalmozatok duzzadása hosszabb időt igényel.

A kísérleti program lényeges részét képezte a reológiai tulajdonságok jellemzése és azok talajmechanikai kísérletekkel való összekapcsolása.

A reológiai tulajdonságok jellemzésére a kifolyás elvén alapuló viszkoziméterek nem váltak be. Az irodalom a HÖPPLER-féle konzisztométert is ajánlja. Az 1. sz. mintán, 16 mm \varnothing golyóval két kísérlet készült (2. ábra). Ha a



golyó süllyedési sebessége $0,05 \times 10^{-2}$ mm sec-nál kisebb, akkor egy idő után megáll, ezért folyási határnak a sebesség eléréséhez szükséges terhelést tekintik.

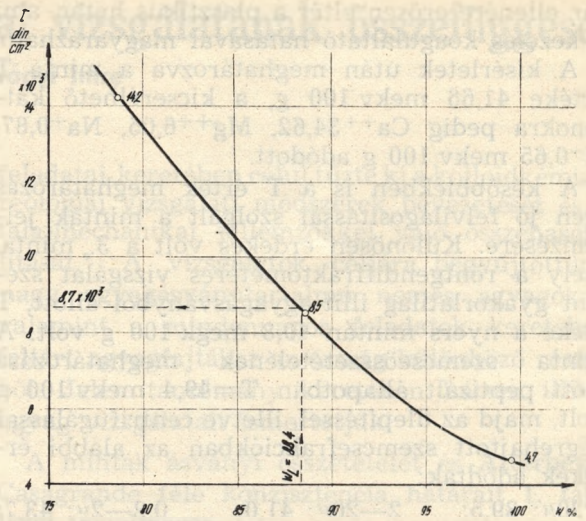
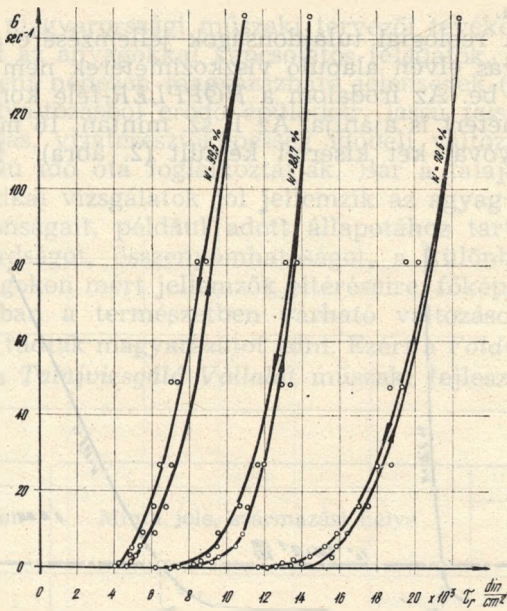
A mért értékekből a vizsgált minta $w_L=47,5$ $^{(1)}$ -os talajmechanikai folyási határhoz (lineáris interpolálással) 4780 g/cm^2 terhelés adódik. Más (jelen tanulmányban nem ismertetett) mintákra meghatározott kísérleti eredmények jellegzetesség nélkül szóródó eredményt adtak, ezért a rotációs viszkoziméteres meghatározást célszerűbb alkalmazni.

RHEOTEST viszkoziméterrel történt a reológiai folyáshatár meghatározása. A rotációs viszkoziméterben az előkészített szuszpenziót először max. sebességgel átkeverve, majd pihentetve a legkisebb fordulatszámmal megindítjuk. A dobra ható nyírófeszültség időben nő, forogni azonban a dob csak akkor tud, ha a nyírófeszültség a folyáshatárt elérte, tehát a folyáshatár a dob forgásának megkezdésekor fennálló nyírófeszültség. A kísérlet jellegzetes folyáshatárt mutat, a minták vizkozitása a nyírófeszültség növelésével csökkent, a hiszterézis hurok területe kicsi volt, tehát a szuszpenzió a vizsgált töménységben nem volt tixotrop. Esetenként csökkenő sebességgradiensnél nagyobb vizkozitáció is adódott, ami a minták jelentéktelen kísérlet közben fellépő dezagregálódására utal.

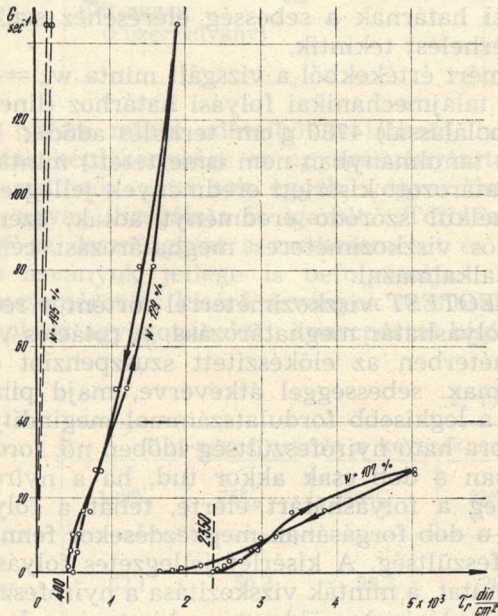
A különböző töménységű szuszpenziók esetére felrakva kettős logaritmikus léptékben a sebességgradiens függvényében a nyírószilárd-

ságot, emelkedő, a viszkozitást eső, egymással közel párhuzamos egyeneseket kaptunk.

A 3. mintával meghatározott folyásgörbék (3. ábra) a minta általános Bingham testre jel-



legzetes reológiai viselkedését mutatják. A kis-képlékenyséű 2. mintán az összefüggés kevésbé szabályos (4. ábra). A talajmechanikai



folyási határ víztartalmához a vizsgált illit-agyagokon közel állandó reológiai folyáshatár [kb. 8 000—10 000 din/cm^2 tartozott (5. ábra)]. Kaolin- és bentonitmintákra is hasonló eredmény adódott. Az agyag képlékenységre jellemző a reológiai folyáshatár víztartalommal összefüggő változása. A 3. sz. illit esetén a víz-

tartalom 1⁰₀-nyi csökkenésének a vizsgált tartományban átlagosan $\Delta\tau=400 \text{ din/cm}^2$ folyáshatár növekedés felelt meg.

Más agyagminták (bentonit 200—450, kaolin 1 000—4 000) vizsgálatával egybevetve az eredményeket úgy tűnik, hogy a számértékek a talajmechanikai plasztikus index (I_p) értékével fordítottan arányosak

$$\Delta\tau = \frac{C}{I_p}$$

és az arányossági tényező a folyási határ víztartalmának környezetében mindegyik agyagra kb. 20 000. A kérdés további vizsgálatot igényel, mert a változás szélesebb víztartalmi tartományban már közelítően sem lesz lineáris (magasabb víztartalmaknál az 1⁰₀ víztartalom-változásra eső nyirófeszültség változása kisebb mértékű). A nyirófeszültség változás előrejelzése egyszerűen meghatározó talajfizikai jellemzők alapján igen fontos lenne az agyagszuszpenziók építőipari felhasználásakor (pl. ismeretes, hogy jó injektáló folyadékokra $\tau=100$ —300 din/cm^2 biztosítása kívánatos; számszerűen kevésbé ismert, de fontos τ változása az öblítőiszap, résfalat megtámasztó zagy tulajdonságai szempontjából is.

Dr. Szilágyi:

Im Artikel werden die bodenmechanischen und kolloidchemischen Eigenschaften drei Illit-Tone gegenübergestellt. Die Plastizität wächst mit zunehmendem Tonmineralgehalt beinahe linear (Tab. 2.), das Kationgehalt beeinträchtigt die Fließgrenze nach Casagrande nur mässig (Tab. 3.).

Die rotationviskosimetrische Untersuchungen zeigten ein, für den allgemeinen Bingham-Körper typisches Benehmen (Fig. 3.). Es konnte ein Zusammenhang zwischen dem bodenmechanischen Plastizitätsindex und der Veränderung der rheologischen Fließgrenze festgestellt werden (Fig. 5.); diese Bestimmung erleichtert nicht nur die Beurteilung des Tones, aber auch ihre bautechnische Anwendung.

Mennyiségi elemzés elektron-mikroszondával

Írta: Nagy Géza

Bevezetés

Elektron-mikroszonda segítségével megfelelően előkészített szilárd mintákat néhány tized μ átmérőjű (vagy nagyobb) pontonként, a felszíntől legföljebb néhány μ -nyi mélységben vizsgálhatunk. Egy-egy pontban jelen lévő — a Na-nál, ill. fejlettebb műszerekkel a B-nál nehezebb — elemek minősége és mennyisége meghatározható, kiválasztott elemek eloszlása föltérképezhető, sőt a mintáról egyéb információk is nyerhetők (pl. rácsparaméterek meghatározása, vékony filmek rétegvastagsága, hevítés közbeni változások vizsgálata stb.). A műszert elsősorban fémek és ötvözetek, továbbá ásványok és kőzetek vizsgálatára használják, de számos más területen is hasznos kutatási-vizsgáló eszköz (félvezetők, kerámiai anyagok vizsgálata, nyersanyagelőkészítés, biológia, stb.). A földtani tudományokban szinte nélkülözhetetlen a műszer olyan vizsgálatoknál, amikor vegyi elemzés nem, vagy csak nagyon pontatlanul végezhető, és az optikai tulajdonságok nehezen meghatározhatóak, vagy nem nyújtanak elég információt. Ilyen esetek: aprószemcséjű ásványok, zárványok, kismennyiségű anyagok, szételegyedési lemezek, zónásság, diffúzió vizsgálata; stb. Alkalmas mind elméleti problémák — pl. kőzetképződési kérdések, — mind gyakorlati problémák eldöntésére: egy kőzet melyik ásványa tartalmazza a kinyerni kívánt fémeket. Bővebben lásd [1; 4]

1969-ben az MTA Geokémiai Kutató Laboratóriumában felállításra került egy JEOL (Japan Electron Optics Laboratory Co.) gyártmányú JXA-5 típusú elektron-mikroszonda. Ez Magyarországon az első olyan mikroszonda, amellyel — sokoldalú kvalitatív vizsgálatokon kívül — kvantitatív vizsgálatokat is lehet végezni. Azért, hogy a műszeren kapott mérési eredményekből bárki saját maga mennyiségi meghatározást végezhesen, vagy — ismert összetételű mintával — a műszeren kapott eredmények ellenőrizhetőek legyenek, a cikk — az elektron-mikroszonda rövid ismertetésén kívül — részletesebben leír egy, a mennyiségi kiértékeléséhez szükséges korrekciós módszert. (A mikroszondával végzett mennyiségi meghatározásokat tartalmazó közleményekben az alkalmazott korrekciós módszert általában megadják.)

Általános leírás

Az elektron-mikroszondát Pantó Gy. már részletesen ismertette [1], ezért jelen cikk csak

röviden foglalkozik a műszer elvével és a vele végezhető mérési módszerekkel. (A műszerről és alkalmazásairól l. még [2; 3; 4]-et.)

A műszer működési elve: a mintát nagyenergiájú (5...50 keV) elektronokkal bombázzuk. Ezek a jelen lévő atomokból ún. karakterisztikus röntgensugárzást váltanak ki, amelynek hullámhossza jellemző a kibocsátó atom rendszámára, intenzitása pedig közelítőleg arányos az illető elem koncentrációjával. Így a kibocsátott röntgensugárzás spektrumából a bombázott pontban jelen lévő elemek minősége és mennyisége meghatározható. A bombázó elektron-sugár a mintán vonal mentén mozgatható, sőt a minta egész felületén vonalanként is letapogatható. Így egy-egy elem eloszlása meghatározható egy vonal mentén vagy az egész felületen. Lehetőség van arra is, hogy a mintát mozdítsuk el vonal mentén az elektronsugár alatt.

Mivel a nehezebb elemek jobban visszaszórják az elektronokat, a könnyebbek inkább elnyelik, az elnyelt vagy a visszaszórt elektronokat mérve szintén következtethetünk az elemeloszlásra. Ha a visszaszórt elektronokat — a bombázó elektronnaláb két oldalán elhelyezett — két érzékelővel mérjük, a két jel különbségéből a minta felületi egyenetlenségeire következtethetünk. Vékony filmek vizsgálatánál van jelentősége az átengedett elektronok mérésének.

Egy felület letapogatása esetén a karakterisztikus röntgensugárzás, illetve az elnyelt, visszavert vagy átengedett elektronok intenzitás-változása katódsugárcsővön fényesség-változás formájában megjeleníthető, ezáltal a felületről nagyított és az elemeloszlást vagy az egyenetlenségeket mutató képet kaphatunk.

A mintát bombázó elektronok a levegő molekuláival ütköznek, ezért a műszer belsejében kb. $5 \cdot 10^{-5}$ Hgmm vákuumot kell létrehozni. Tehát csak olyan minták vizsgálhatók, amelyek légüres térben, elektronbombázás hatása alatt stabilak és illó anyagot nem adnak le. A minta felületének általában — lehetőleg néhány tizedmikronnyira — simának kell lennie; ez különösen fontos mennyiségi vizsgálatoknál. Ha a minta szigetelő anyag, a felületét vékony vezető réteggel (szén vagy fém) be kell vonni az elektrosztatikus feltöltődés és a túlzott felmelegedés elkerülésére, továbbá azért, hogy a mintaáram (elnyelt elektronok) mérése lehetővé váljon.

A JXA — 5 elektron-mikroszonda néhány adata

A bombázó elektronok gyorsító feszültsége:
5... 50 kV.

Az elektronnyaláb átmérője a mintán:
0,5... 500 μ .

Meghatározható elemek: ^5B ... ^{92}U .

Nagyítás (a katódsugárcsővön): 300... 10 000 x
Feloldóképesség (a katódsugárcsővön): kb. 1 μ .

A minta felszíne és a röntgensugárzás mérési iránya közti szög („take-off angle”): $\Theta = 40^\circ$
Érzékelési lehetőségek:

Két független röntgen-spektrométer

Elnyelt elektronok mérése

Visszaszórt elektronok mérése; ennek segítségével lehetséges összetétel vagy felületi egyenetlenség vizsgálat.

Beépített fénymikroszkóppal az elektronbombázás idején is megfigyelhető a minta.

Kijelzési lehetőségek:

Két független katódsugárcső

Két független beütésszám-számláló

Két független beütésszám-gyakoriság mérő (rate-meter)

Vonalíró három független bemenettel.

Az elektron-mikroszonda segítségével kvalitatív információkat viszonylag egyszerűen nyerhetünk, és nagyon sok probléma megoldásához ezek elegendők is. A röntgensugárzás intenzitásának méréséből azonban egy-egy elem tömeg-koncentrációja — az esetek nagyrésztében — $\pm 3,5\%$ -nál kisebb relatív hibával meghatározható, az illető elem koncentrációjára vonatkoztatva. (A meghatározás pontossága sokszor lényegesen jobb.) Ehhez vagy kalibrációs görbék felvétele szükséges, (ami pontos eredményeket ad ugyan, de nagyon munkaigényes,) vagy korrekciós számításokat kell végezni.

A mennyiségi elemzés elvégzése elektron-mikroszondával

A megvizsgált mintában valamely elem tömeg-koncentrációját meghatározhatjuk, ha — az ismeretlen összetételű — mintát és egy ismert összetételű standardot elektronbombázásnak vetünk alá, és az illető elem valamelyik röntgen-vonalának intenzitását mérjük. A két intenzitás-érték hányadosából az elem tömeg-koncentrációja meghatározható: ez a hányados első közelítésben egyenlő a megfelelő tömeg-koncentrációk arányával.

A pontos intenzitás-mérés helyett — a hányadosképzés miatt — elegendő az egyforma idő alatt kapott és a mérési körülmények zavaró hatásaitól (statisztikus ingadozás, holtidő, háttér) korrigált röntgenkvantumok számát (a továbbiakban beütésszám) meghatározni — abban az esetben, ha a gyorsító feszültség és a mintára érkező (a katódból kilépő) elektron-

áram állandó és a két mérésnél egyforma. Erre vonatkozik a korrekciók első csoportja.

A minta és a standard összetétele többnyire eléggé eltér, (a standard sokszor tisztá elem). A — más-más arányban jelen lévő — egyéb elemek a beérkező elektronokra és a vizsgált elemből kilépő röntgensugárzásra másként hatnak és az egyszerű arányosságot megváltoztatják. Ezeket a hatásokat megfelelő korrekciós tényezők kiszámításával kell figyelembe venni. Ez jelenti a korrekciók második csoportját.

A koncentráció meghatározására a 38-nál (Sr) kisebb rendszámú elemeknél a K_{α} sugárzást, a 35-nél (Br) nagyobb rendszámúaknál pedig az L_{α} sugárzást használhatjuk. (Az M sugárzást bonyolult spektruma miatt csak ritkán érdemes használni.)

Ha — a vizsgált elem változó vegyérték-állapota miatt — a mintáról és a standardról kapott karakterisztikus sugárzás hullámhossza eltolódik, a spektrométerrel utána kell állnunk. (Mindig a vonal legnagyobb intenzitását mérjük.)

A korrigált beütésszám-értékek meghatározása Átlagszámítás

A mérés közben fellépő statisztikus ingadozás kiküszöbölése végett ugyanazon a ponton több (kb. 5) mérést végezzünk. Képezzük ezek átlagát: $\bar{N}_{mért}$

Ha valamelyik mérés kívül esik az

$$\bar{N}_{mért} \pm 2\sqrt{\bar{N}_{mért}}$$

intervallumon, az nagy (95,5%) valószínűséggel hibás [5]. Hagyjuk el (esetleg mérjünk helyette újat) és képezzünk újra átlagot.

Ha n mérést végeztünk, a beütésszám mért értékének hibája vagy bizonytalansága:

$$\Delta \bar{N}_{mért} = \pm \sqrt{\frac{\bar{N}_{mért}}{n}}$$

relatív hibája pedig:

$$d\bar{N}_{mért} = \pm \sqrt{\frac{1}{n \cdot \bar{N}_{mért}}}$$

(A beütésszám tényleges értéke 68% valószínűséggel esik az $\bar{N}_{mért} \pm \Delta \bar{N}_{mért}$ intervallumba, 95,5% valószínűséggel az

$$\bar{N}_{mért} \pm 2\Delta \bar{N}_{mért}$$

és 99,7% valószínűséggel az

$$\bar{N}_{mért} \pm 3\Delta \bar{N}_{mért}$$

intervallumba — a holtidő és háttér korrekciótól eltekintve.)

Az átlagképzést mind a mintán, mind a standardon el kell végezni. A műszer esetleges csúszásának kiküszöbölésére célszerű a méréseket fölváltva végezni a mintán és a standardon.

Holtidő korrekció

Egy röntgenkvantum beérkezése és kijelzése után a számláló az ún. holtidő (τ) elteltéig működésképtelen, emiatt a ténylegesen beérkező kvantumoknál kevesebbet számol. A τ holtidő az egyes számlálókra adott. Ha egy mérés t ideig tart, a beérkezett röntgenkvantumok száma:

$$N_{\text{val. di}} = \frac{\bar{N}_{\text{mért}}}{1 - \frac{\bar{N}_{\text{mért}} \cdot \tau}{t}} \quad [1]$$

Ha

$$\frac{\bar{N}_{\text{mért}} \cdot \tau}{t} < 0,05$$

$$N_{\text{val. di}} \approx N_{\text{mért}} \left(1 + \frac{\bar{N}_{\text{mért}} \cdot \tau}{t} \right) \quad [1 \text{ a}]$$

Háttér korrekció

A mérendő csúcra állítva a spektrométert, nemcsak a karakterisztikus sugárzást érzékeljük, hanem a — nagyrészt a folytonos spektrumú fékezési sugárzásból származó — háttér is. Ezt úgy határozhatjuk meg, hogy az elemző kristályt a mért csúcstól jobbra és balra egyforma hullámhosszra elmozdítjuk, (annyira, hogy a karakterisztikus csúcson éppen kívülre kerüljön, de egy esetleg közel fekvő másik csúcsot ne érjen el,) és a két beütésszám átlagát vesszük, lásd 1. ábra.

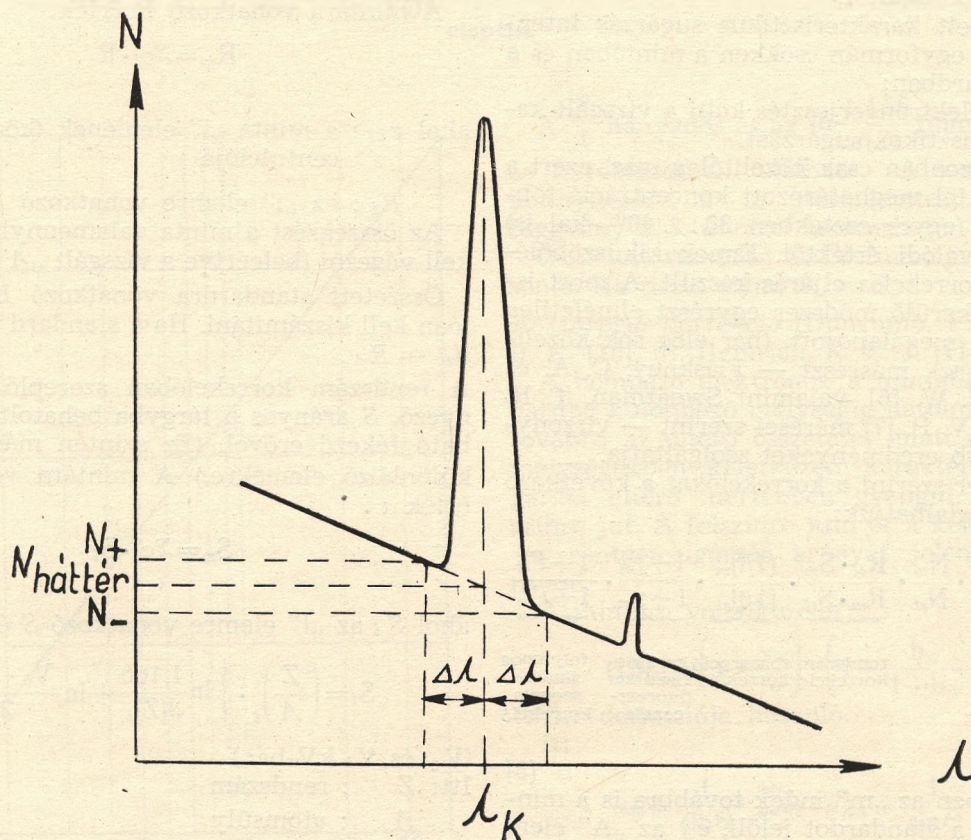
$$N_{\text{háttér}} = \frac{N_+ + N_-}{2} \quad [2]$$

ahol N_+ ill. N_- az egyik ill. másik irányban mért beütésszám.

Egy-egy mérést ugyanannyi ideig végezzünk, mint a karakterisztikus sugárzás mérését! (A háttér beütésszám rendszerint szükségtelen végrehajtani a holtidő korrekciót.)

A karakterisztikus sugárzásból kapott beütésszám:

$$N = N_{\text{val. di}} - N_{\text{háttér}} \quad [3]$$



1. ábra. A háttér meghatározása

A háttérrel a mintán és a standardon külön-külön kell meghatározni.

A továbbiakban a [3] egyenlet segítségével a mintán nyert beütésszámot N_m -mel, a standardon nyert N_{st} -vel jelöljük.

A koncentráció meghatározása a korrigált beütésszám-értékekből

A vizsgált „A” elem c_A tömegkoncentrációja a mintában és a standardban első közelítésben arányos a megfelelő (korrigált) beütésszámokkal, ezért

$$(c_A)_m = \frac{N_m}{N_{st}} \cdot (c_A)_{st} \quad [4]$$

itt az „m” ill. „st” index a mintát ill. a standardot jelenti. — Ha a standard tiszta elem, (ami gyakran előfordul), $(c_A)_{st} = 1$, így

$$(c_A)_m = \frac{N_m}{N_{st}} \quad [4a]$$

A közelítés levezetését lásd pl. [2]-ben.

A levezetés közben feltételezték, hogy

1. a bombázott tárgyra érkező elektronok egyforma hányada abszorbeálódik mindkét esetben;
2. az elektronok energiavesztesége a tárgy sűrűségével arányos, nem függ az egyéb tulajdonságaitól;
3. a keltett karakterisztikus sugárzás intenzitása egyformán csökken a mintában és a standardban;
4. csak elektrongerjesztés kelti a vizsgált karakterisztikus sugárzást.

Mindez azonban csak közelítőleg igaz, ezért a [4] egyenlettel meghatározott koncentráció többé-kevésbé (egyes esetekben 30...40%-kal is) eltérhet a valódi értéktől. Ennek kiküszöbölésére több korrekciós eljárás készült. A most ismertetésre kerülő módszer egyrészt elméletileg a legjobban megalapozott, (bár elég sok közelítést tartalmaz), másrészt — Friskney, C. A. és Haworth, C. W. [6], valamint Sweatman, T. R. és Long, J. V. P. [7] mérései szerint — viszonylag a legjobb eredményeket szolgáltatja.

A módszer szerint a korrekciókat a következő képletbe foglalhatjuk:

$$(c_A)_m = (c_A)_{st} \cdot \frac{N_m}{N_{st}} \cdot \frac{R_{st} \cdot S_m}{R_m \cdot S_{st}} \cdot \frac{(1/I)_m}{(1/I)_{st}} \cdot \frac{1 + \gamma_{st}}{1 + \gamma_m} \cdot \frac{1 + \Gamma_{st}}{1 + \Gamma_m}$$

rendsám korrekció
abszorpció korrekció
karakterisztikus sugárzás intenzitása korrekció
folytonos fluoreszcencia korrekció

[5]

A képletben az „m” index továbbra is a mintát, az „st” a standardot jelöli, c_A az „A” elem tömegkoncentrációja; a többi betű jelentésére az egyes korrekcióknál visszatérünk.

Az egyes korrekciós tényezők a minta és a standard összetételétől függenek. Kiszámításukhoz azonban elég, ha a minta összetételét közelítőleg ismerjük. Ezért fölhasználjuk a [4] vagy a [4a] egyenlet segítségével közelítőleg meghatározott koncentrációkat, vagy kiindulhatunk a minta közelítő vegyi képletéből. (Ha a korrekció elvégzése után a koncentrációk jelentősen megváltoznak, meg lehet ismételni az eljárást az új értékkel. Ez azonban többnyire nem szükséges.)

A korrekciós tényezők alább ismertetett kiszámítási módja csak merőlegesen beeső elektronsugár esetére vonatkozik, de a módszer — Springer, G. [8] vizsgálatai szerint — nem merőleges elektronsugár esetére is kiterjeszhető.

Rendszám korrekció (Duncumb, P. és Reed, S. J. B. [9] alapján)

A rendszámkorrekcióban szereplő R a bombázott tárgyra (mintára ill. standardra) érkező és abban abszorbeált elektronok arányát jelenti. Ez a különböző elemekre más és más.

Valamely elemnél R függ a rendszámtól, továbbá a vizsgált elem vizsgált vonalához (K vagy L) tartozó V_k küszöb feszültség és a V_0 gyorsítófeszültség hányadosától. A V_k értékét az I. táblázatban találhatjuk. R értéke a Z rendszám és a V_k/V_0 hányados függvényében a 2. ábráról elvasható le.

A mintára vonatkozó R érték:

$$R_m = \sum_i c_i \cdot R_i \quad [6]$$

ahol c_i : a minta „i” elemének (közelítő) koncentrációja

R_i : az „i” elemre vonatkozó R érték.

Az összegzést a minta valamennyi elemére el kell végezni (beleértve a vizsgált „A” elemet is).

Összetett standardra vonatkozó R -et hasonlóan kell kiszámítani. Ha a standard tiszta elem, $R_{st} = R_A$.

A rendszám korrekcióban szereplő másik tényező, S arányos a tárgyba behatolt elektronra ható fékező erővel. (Ez szintén más és más a különböző elemekre.) A mintára vonatkozó S érték :

$$S_m = \sum_i c_i \cdot S_i \quad [7]$$

ahol S_i az „i” elemre vonatkozó S érték:

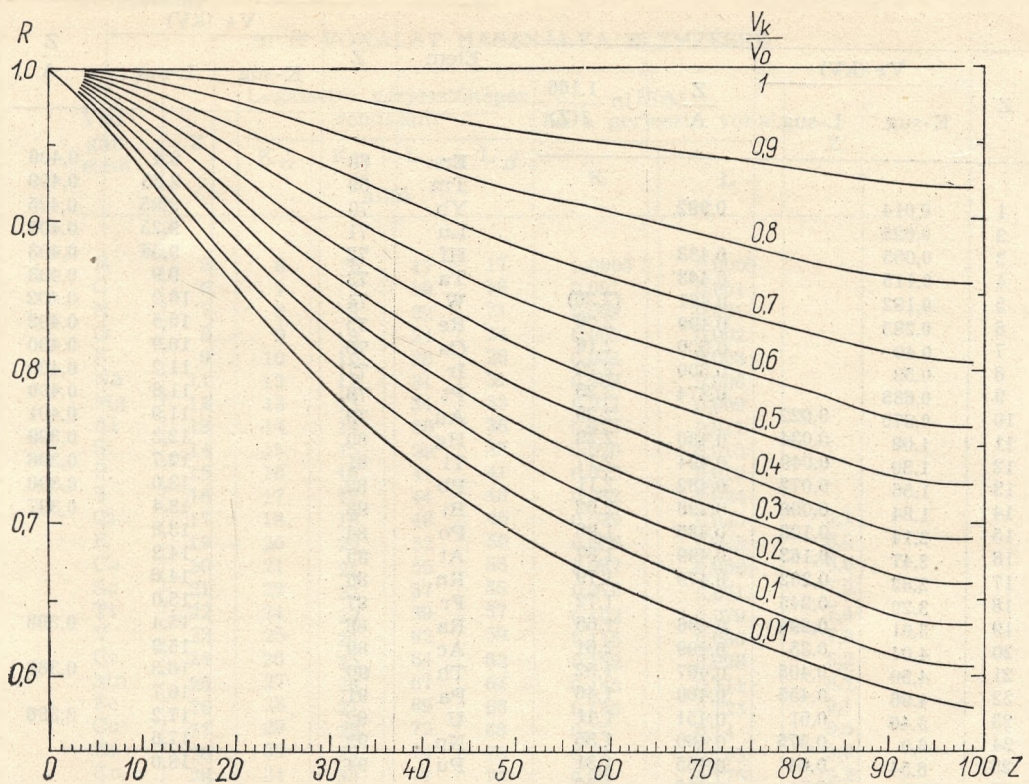
$$S_i = \left(\frac{Z}{A} \right)_i \cdot \left\{ \ln \frac{1,166}{J(Z)_i} + \ln \frac{V_0 + V_k}{2} \right\} \quad [8]$$

(V_0 és V_k kV-ban)

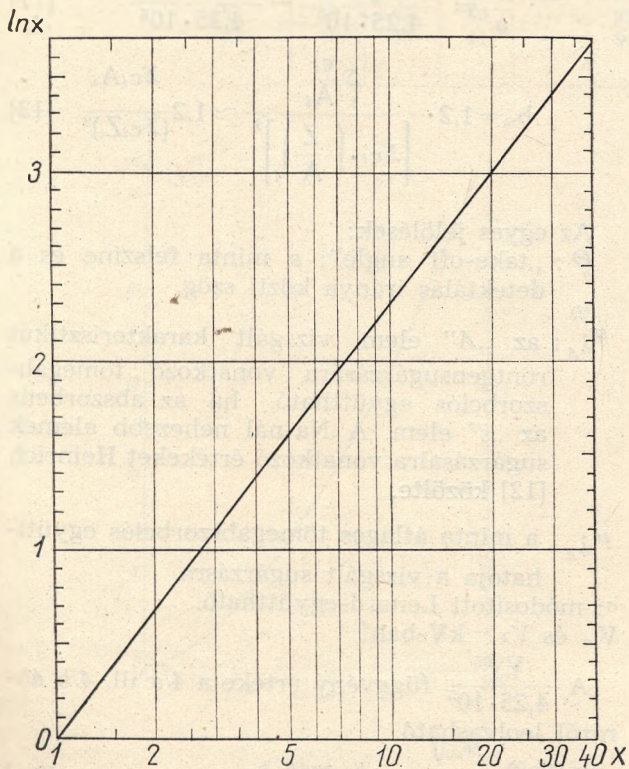
Itt: Z : rendszám

A : atomsúly

$J(Z)_i$: az „i” elem átlagos ionizációs potenciálja



2. ábra. Az $R\left(Z, \frac{V_k}{V_0}\right)$ függvény. [9]-ben közölt táblázat alapján.



3. ábra

A $\frac{Z}{A}$ hányados és az $\ln \frac{1,166}{J(Z)}$ függvény értéke az I. táblázatban található. A számítás megkönnyítésére a \ln (természetes logaritmus) függvény a 3. ábráról leolvasható.

Összetett standard S_s definíciója [7]-hez hasonló. Ha tiszta elem, $S_s = S_A$.

Abszorpció korrekció (Duncumb, P. és Shields, P. K. [10], ill. Heinrich, K. F. J. [11] alapján.)

A bombázó elektronok a mintába és a standardba különböző mélységig hatolnak be, ezért, továbbá az eltérő összetétel miatt a különböző mélységekben keletkezett karakterisztikus sugárzás eltérő mértékben gyengül, míg a felszínre jut. A felszínre jutó és a keletkezett teljes röntgensugárzás arányát jelenti az f tényező.

A mintára vonatkozóan:

$$(1/f)_m = \left(1 + \frac{\bar{x}_m}{\sigma}\right) \cdot \left(1 + \frac{b_m}{1+b_m} \cdot \frac{\bar{x}_m}{\sigma}\right) \quad [9]$$

$(1/f)_{s'}$ definíciója hasonló.

Itt:

$$\bar{x}_m = \frac{1}{\sin \Theta} \cdot \sum c_i \cdot \mu_{\lambda A}^{(i)} = \frac{1}{\sin \Theta} \cdot \bar{\mu}_{\lambda A} \quad [10]$$

← 3. ábra. Az $\ln x$ függvény.

Elem	Z	V _k (kV)		Z/A	ln $\frac{1,166}{J(Z)}$
		K-sug.	L-sug.		
H	1	0,014		0,992	
He	2	0,025			
Li	3	0,055		0,433	
Be	4	0,115		0,443	
B	5	0,192		0,461	(2,26)
C	6	0,283		0,499	2,08
N	7	0,40		0,500	2,16
O	8	0,53		0,500	2,22
F	9	0,685		0,474	2,25
Ne	10	0,875	0,022		2,25
Na	11	1,08	0,034	0,480	2,23
Mg	12	1,30	0,049	0,494	2,17
Al	13	1,56	0,072	0,482	2,11
Si	14	1,84	0,098	0,498	2,02
P	15	2,14	0,128	0,485	1,95
S	16	2,47	0,163	0,499	1,87
Cl	17	2,82	0,202	0,479	1,79
A	18	3,20	0,245		1,72
K	19	3,61	0,294	0,486	1,65
Ca	20	4,04	0,35	0,499	1,61
Sc	21	4,50	0,405	0,467	1,52
Ti	22	4,96	0,455	0,460	1,46
V	23	5,46	0,51	0,451	1,41
Cr	24	6,0	0,575	0,460	1,35
Mn	25	6,54	0,64	0,455	1,31
Fe	26	7,1	0,71	0,466	1,26
Co	27	7,7	0,78	0,459	1,21
Ni	28	8,3	0,85	0,477	1,17
Cu	29	9,0	0,93	0,456	1,13
Zn	30	9,7	1,02	0,459	1,09
Ga	31	10,4	1,12	0,445	1,05
Ge	32	11,1	1,22	0,440	1,015
As	33	11,9	1,32	0,441	0,98
Se	34	12,7	1,43	0,430	0,95
Br	35	13,5	1,55	0,439	0,92
Kr	36	14,3	1,68		0,885
Rb	37	15,2	1,81	0,433	0,86
Sr	38	16,1	1,94	0,433	0,83
Y	39	17,0	2,08	0,439	0,80
Zr	40	18,0	2,22	0,438	0,775
Nb	41	19,0	2,37	0,442	0,75
Mo	42	20,0	2,52	0,438	0,725
Tc	43	21	2,68		0,695
Ru	44	22	2,84	0,435	0,675
Rh	45	23,5	3,00	0,438	0,65
Pd	46	24,5	3,17	0,432	0,625
Ag	47	25,5	3,35	0,436	0,605
Cd	48	26,5	3,55	0,427	0,585
In	49	28	3,7	0,427	0,56
Sn	50	29	3,9	0,421	0,545
Sb	51		4,1	0,419	0,525
Te	52		4,35	0,407	0,50
J	53		4,55	0,418	0,485
X	54		4,8		0,465
Cs	55		5,0	0,414	0,445
Ba	56		5,25	0,408	0,425
La	57		5,5	0,410	0,405
Ce	58		5,7	0,414	0,39
Pr	59		6,0	0,419	0,37
Nd	60		6,2	0,416	0,36
Pm	61		6,5		0,345
Sm	62		6,7	0,412	0,325
Eu	63		7,0	0,415	0,31
Gd	64		7,25	0,407	0,293
Tb	65		7,5	0,410	0,278
Dy	66		7,85	0,406	0,263
Ho	67		8,1	0,407	0,257

Elem	Z	V _k (kV)		Z/A	ln $\frac{J(Z)}{1,166}$
		K-sug.	L-sug.		
Er	68		8,4	0,406	0,233
Tm	69		8,65	0,409	0,218
Yb	70		8,95	0,405	0,205
Lu	71		9,25	0,405	0,190
Hf	72		9,55	0,403	0,175
Ta	73		9,9	0,403	0,163
W	74		10,2	0,402	0,149
Re	75		10,5	0,402	0,140
Os	76		10,9	0,400	0,122
Ir	77		11,2	0,400	0,111
Pt	78		11,6	0,400	0,100
Au	79		11,9	0,401	0,085
Hg	80		12,3	0,399	0,0725
Tl	81		12,7	0,396	0,060
Pb	82		13,0	0,396	0,049
Bi	83		13,4	0,397	0,0375
Po	84		13,8		0,027
At	85		14,2		0,012
Rn	86		14,6		0,000
Fr	87		15,0		-0,01
Ra	88		15,4	0,398	-0,02
Ac	89		15,9		-0,03
Th	90		16,3	0,388	-0,04
Pa	91		16,7		-0,05
U	92		17,2	0,386	-0,06
Np	93		17,6		-0,07
Pu	94		18,0		-0,09

Megjegyzés: V_k [14]-ből
J(Z) [9]-ből

$$\frac{1}{\sigma} = \frac{V_0^{1,65}}{4,25 \cdot 10^5} - \frac{V_k^{1,65}}{4,25 \cdot 10^5} \quad [11]$$

$$b_m = 1,2 \cdot \frac{\sum_i c_i A_i}{\left[\sum_i c_i \left(\frac{Z}{A} \right)_i \right]^2} \approx 1,2 \frac{\sum_i c_i A_i}{\left(\sum_i c_i Z_i \right)^2} \quad [12]$$

Az egyes jelölések:

θ: „take-off angle”: a minta felszíne és a detektálás iránya közti szög.

(i)
λ_A: az „A” elem vizsgált karakterisztikus röntgensugárzására vonatkozó tömegabszorpciós együttható, ha az abszorbens az „i” elem. A Na-nál nehezebb elemek sugárzásaira vonatkozó értékeket Heinrich [12] közölte.

λ_A: a minta átlagos tömegabszorpciós együtthatója a vizsgált sugárzásra.

σ: módosított Lenard-együttható.

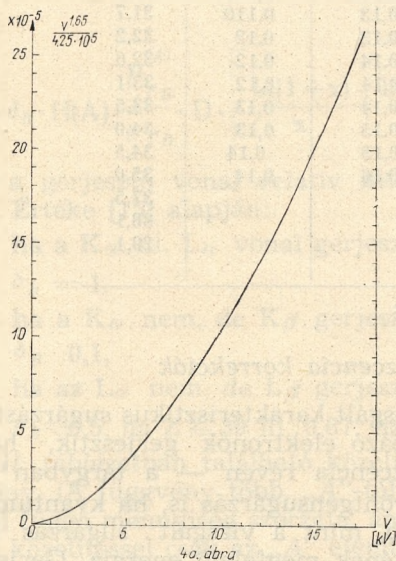
V₀ és V_k kV-ban!

A $\frac{V_0^{1,65}}{4,25 \cdot 10^5}$ függvény értéke a 4/a ill. 4/b ábráról leolvasható.

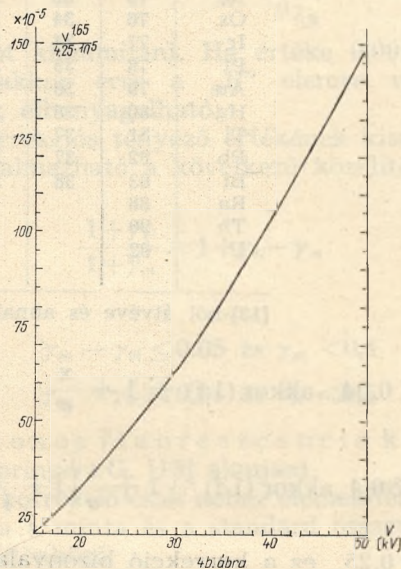
Ha $\frac{x}{\sigma} < 0,005$, akkor $(1 \pm) \approx 1$ [9/a]

a) K VONALAT HASZNÁLVA ELEMZÉSRE

Vizsgált elem	Z	Legkisebb gerjesztőképes rendszám				H(A) ha a gerjesztő vonal		Z'
		K α	K β	L α	L β	K	L	
		által						
B	5	6	6	17	17	0,0005	0,0005	
C	6	7	7	19	19	0,001	0,001	
N	7	8	8	22	21	0,002	0,001	
O	8	9	9	24	24	0,002	0,002	
F	9	10	10	26	26	0,004	0,003	
Na	11	12	12	31	31	0,008	0,006	
Mg	12	13	13	34	33	0,011	0,009	
Al	13	14	14	36	36	0,015	0,011	
Si	14	15	15	39	38	0,020	0,015	
P	15	16	16	41	41	0,025	0,019	
S	16	17	17	44	43	0,032	0,024	
Cl	17	18	18	46	45	0,039	0,030	5,1
K	19	20	20	52	50	0,056	0,045	6,0
Ca	20	21	21	55	53	0,067	0,056	6,6
Sc	21	22	22	57	55	0,078	0,071	7,0
Ti	22	24	23	59	57	0,102	0,079	7,4
V	23	25	24	62	59	0,115	0,086	7,9
Cr	24	26	25	64	62	0,132	0,096	8,2
Mn	25	27	26	67	64	0,145	0,111	8,7
Fe	26	28	27	69	66	0,155	0,123	9,1
Co	27	29	28	72	68	0,17	0,14	9,5
Ni	28	30	29	74	70	0,18	0,155	9,9
Cu	29	31	30	77	72	0,20	0,175	10,3
Zn	30	32	31	79	74	0,21	0,19	10,7
Ga	31	33	32	82	77	0,22	0,21	11,2
Ge	32	34	33	85	79	0,24	0,23	11,6
As	33	35	34	87	81	0,25	0,24	12,1
Se	34	37	35	90	83	0,26	0,25	12,5
Br	35	38	36	92	85	0,27	0,26	13,0
Rb	37	40	38	97	88	0,30	0,30	13,8
Sr	38	41	39	100	90	0,31	0,32	14,3
Y	39	42	40	—	92	0,31	0,32	14,9
Zr	40	43	41	—	94	0,31		15,2

4. ábra. A $\frac{V^{1,65}}{4,25 \cdot 10^5}$ függvény.

a : V = 0 ... 17 kV



b : V = 15 ... 50 kV

b) L VONALAT HASZNÁLVA ELEMZÉSRE

Vizsgált elem	Z	Legkisebb gerjesztőképes rendszám				H(A) ha a gerjesztő vonal		Z'
		K α	K β	L α	L β	K	L	
		által						
Br	35	14	14	36	36	0,009	0,006	13,0
Rb	37	15	14	39	38	0,011	0,007	13,8
Sr	38	15	15	40	39	0,011	0,008	14,3
Y	39	16	15	41	40	0,014	0,009	14,9
Zr	40	16	16	42	41	0,014	0,010	15,2
Nb	41	17	16	43	42	0,018	0,011	15,7
Mo	42	17	17	44	43	0,018	0,012	16,2
Ru	44	18	18	46	46	0,022	0,015	17,0
Rh	45	19	18	48	47	0,027	0,017	17,5
Pd	46	19	18	49	48	0,027	0,019	18,0
Ag	47	20	19	50	49	0,032	0,020	18,4
Cd	48	20	19	51	50	0,032	0,022	18,8
In	49	21	20	52	51	0,038	0,023	19,3
Sn	50	21	20	53	52	0,038	0,025	19,7
Sb	51	22	21	55	53	0,044	0,028	20,2
Te	52	22	21	56	54	0,044	0,030	20,7
J	53	23	22	57	55	0,050	0,033	21,1
Cs	55	24	23	59	57	0,057	0,037	22,1
Ba	56	24	23	61	58	0,057	0,041	22,6
La	57	25	24	62	59	0,065	0,044	23,1
Ce	58	25	24	63	61	0,065	0,046	23,5
Pr	59	26	25	64	62	0,072	0,049	23,9
Nd	60	26	25	65	63	0,072	0,051	24,4
Sm	62	27	26	67	65	0,080	0,057	25,3
Eu	63	28	26	69	66	0,087	0,062	25,7
Gd	64	28	27	70	67	0,087	0,066	26,2
Tb	65	29	27	71	67	0,095	0,069	26,7
Dy	66	29	28	72	69	0,095	0,072	27,2
Ho	67	30	28	73	69	0,103	0,075	27,6
Er	68	30	29	74	70	0,103	0,078	28,1
Tm	69	31	29	75	71	0,110	0,081	28,5
Yb	70	31	30	77	72	0,110	0,086	28,9
Lu	71	31	30	78	73	0,110	0,092	29,4
Hf	72	32	30	79	74	0,12	0,095	29,8
Ta	73	32	31	80	75	0,12	0,099	30,3
W	74	33	31	81	76	0,125	0,102	30,7
Re	75	33	32	82	77	0,125	0,106	31,2
Os	76	34	32	84	78	0,13	0,110	31,7
Ir	77	34	33	85	79	0,13	0,12	32,2
Pt	78	35	33	86	80	0,14	0,12	32,6
Au	79	36	34	87	81	0,14	0,12	33,1
Hg	80	36	34	88	82	0,14	0,13	33,5
Tl	81	37	35	89	83	0,15	0,13	34,0
Pb	82	37	35	90	84	0,15	0,14	34,5
Bi	83	38	36	92	85	0,16	0,14	35,0
Ra	88							37,5
Th	90							38,1
U	92							29,1

[13]-ből átvéve és annak alapján kiegészítve

$$\text{Ha } \frac{x}{\sigma} < 0,04, \text{ akkor } (1f) \approx 1 + \frac{x}{\sigma} \quad [9b]$$

$$\text{Ha } \frac{x}{\sigma} < 0,4, \text{ akkor } (1f) \approx 1 + \frac{x}{\sigma} \left(1 + \frac{b_m}{1 + b_m} \right) \quad [9c]$$

Ha $\frac{x}{\sigma} > 0,25$, ez a korrekció bizonyalanná válik, ekkor tanácsos a mérést alacsonyabb gyorsító feszültségen megismételni.

Fluoreszcencia korrekciók

A vizsgált karakterisztikus sugárzást nemcsak a bombázó elektronok gerjesztik, hanem — fluoreszcencia révén — a tárgyban keletkező egyéb röntgensugárzás is, ha kvantumenergiája nagyobb, mint a vizsgált sugárzás küszöbfe-
szültségének megfelelő energia. Gerjesztőképes lehet egyrészt a tárgyban jelen lévő egyéb elemek karakterisztikus sugárzása, másrészt a folytonos spektrumú fékezési sugárzás.

Karakterisztikus fluoreszcencia korrekció (Reed, S. J. B. [13] alapján)

$$D = \left[\frac{V_0}{V_k(B)} - 1 \right]^{1,67} \approx D(V_0, Z_B - Z_A) \quad [15]$$

A képletben szereplő γ a más elemek karakterisztikus sugárzása és az elektronbombázás által gerjesztett sugárzás intenzitásának arányát jelenti. Értéke csak akkor különbözik 0-tól, ha a mintában vagy a standardban van gerjesztőképes elem. Azt, hogy valamelyik elem gerjesztőképes-e, el lehet dönteni a II. táblázat segítségével is: a vizsgált elem K ill. L sugárzását azok az elemek gerjesztik, amelyek rendszáma a II a ill. II b táblázat megfelelő oszlopában feltüntetett értéknél nagyobb. Nem kell azonban figyelembe venni azokat az elemeket, amelyek rendszáma a II. táblázatban feltüntetett legkisebb gerjesztőképes rendszámot jelentősen meghaladja, (K sugárzás esetén több, mint 15-tel, L sugárzás esetén több, mint 30-cal), mert ebben az esetben a fluoreszcencia valószínűsége nagyon lecsökken.

Ha a mintában ill. standardban olyan elem van, amelynek K_α (vagy L_α) sugárzása nem gerjesztőképes, de K_β (vagy L_β) igen, a gerjesztő vonal relatív intenzitását is figyelembe kell venni.

A mintára vonatkozó γ érték:

$$\gamma_m = \sum_B \gamma_{AB} \quad [13]$$

ahol „A”: a vizsgált elem,
„B”: a mintában lévő gerjesztőképes elem.

Az összegezést valamennyi ilyen elemre el kell végezni.

γ_{st} értékét — ha a standard nem tiszta elem, — hasonlóan kapjuk.

A képletben

$$\gamma_{AB} = c_B \cdot \delta_B \cdot H(A) \cdot \frac{\mu \gamma_B^{(A)}}{\mu \gamma_B} \cdot D \cdot \left[\frac{\ln(1+x)}{x} + \frac{\ln(1+y)}{y} \right] \quad [14]$$

ahol δ_B : a gerjesztő vonal relatív intenzitása. Értéke [15] alapján:

ha a K_α ill. L_α vonal gerjesztőképes,

$\delta_B = 1$,

ha a K_α nem, de K_β gerjesztőképes,

$\delta_B = 0,1$,

ha az L_α nem, de L_β gerjesztőképes,

$\delta_B \approx 0,5$, ha $Z \leq 39$ ill. 0,67; ha $Z \geq 40$.

$H(A)$: a II. táblázatban található közelítő függvény. (A függvény több, „A”-tól és „B”-től függő mennyiség szorzata, amely már jó közelítéssel csak az „A” elemtől függ.)

$\mu^{(i)}\lambda_B$: a „B” elem gerjesztő sugárzására vonatkozó tömegabszorpciós együttható, ha az abszorbens az „i” elem.

itt $V_k(B)$: a „B” elem gerjesztő vonalának küszöbfeszültsége;

$V_k(A)$: az „A” elem vizsgált vonalának küszöbfeszültsége.

A D függvény közelítőleg csak a V_0 gyorsítófeszültségtől és a $Z_B - Z_A$ rendszámkülönbségtől függ. Közelítő értéke az 5. ábráról olvasható le, azonban

$K \rightarrow L$ gerjesztésnél Z_A helyett,

$L \rightarrow K$ gerjesztésnél Z_B helyett,

$L \rightarrow L$ gerjesztésnél mind Z_A , mind Z_B helyett a II. táblázatból leolvasható Z' értéket kell használni (Z' annak a — képzeletbeli — elemnek a rendszáma, amelynek a K-héjhoz tartozó küszöbfeszültsége ugyanakkora, mint a szóbanforgó elem L-héjájé.)

$$x = \frac{\mu \lambda_A}{\mu \lambda_B} \cdot \frac{1}{\sin \Theta} = \frac{\bar{x}}{\mu \lambda_B} \quad [16]$$

$$y = \frac{\sigma_B}{\mu \lambda_B} \quad [17]$$

itt σ_B a „B” elemre vonatkozó módosított Leonard együttható, lásd a [11] képletet. A $\frac{\ln(1+x)}{x}$

függvény értéke a 6. ábráról leolvasható. γ_{AB} kiszámításakor célszerű először a

$$c_B \cdot \delta_B \cdot H(A) \cdot \frac{\mu \lambda_B^{(A)}}{\mu \lambda_B}$$

szorzatot kiszámítani. Ha értéke 0,005-nál kisebb, akkor erre a „B” elemre vonatkozó $\gamma_{AB} \approx 0$, elhanyagolható.

A korrekciós tényező értékének kiszámításakor alkalmazható a következő közelítés:

$$\frac{1 + \gamma_{st}}{1 + \gamma_m} \approx 1 + \gamma_{st} - \gamma_m \quad [18]$$

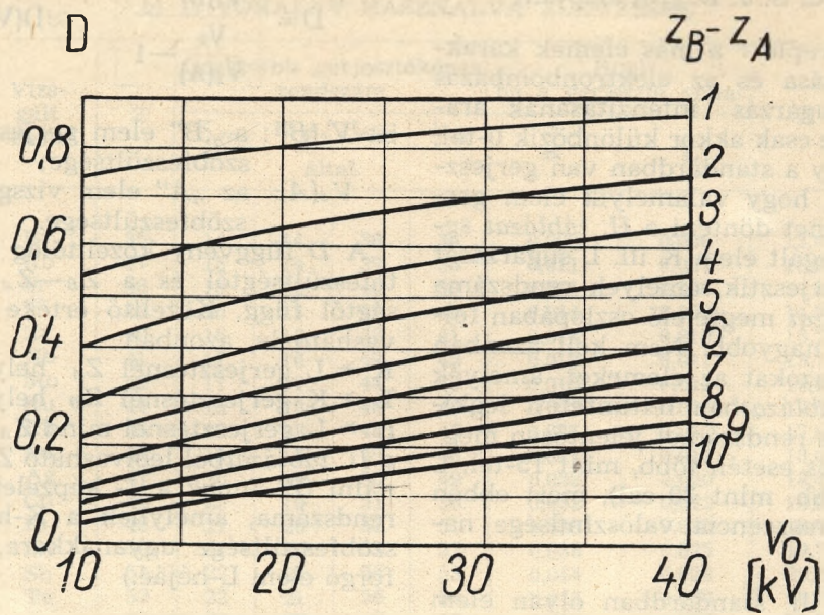
ha $|\gamma_m - \gamma_{st}| < 0,05$ és $\gamma_m < 0,1$

vagy $|\gamma_m - \gamma_{st}| < 0,01$ és $\delta_{st} < 0,5$

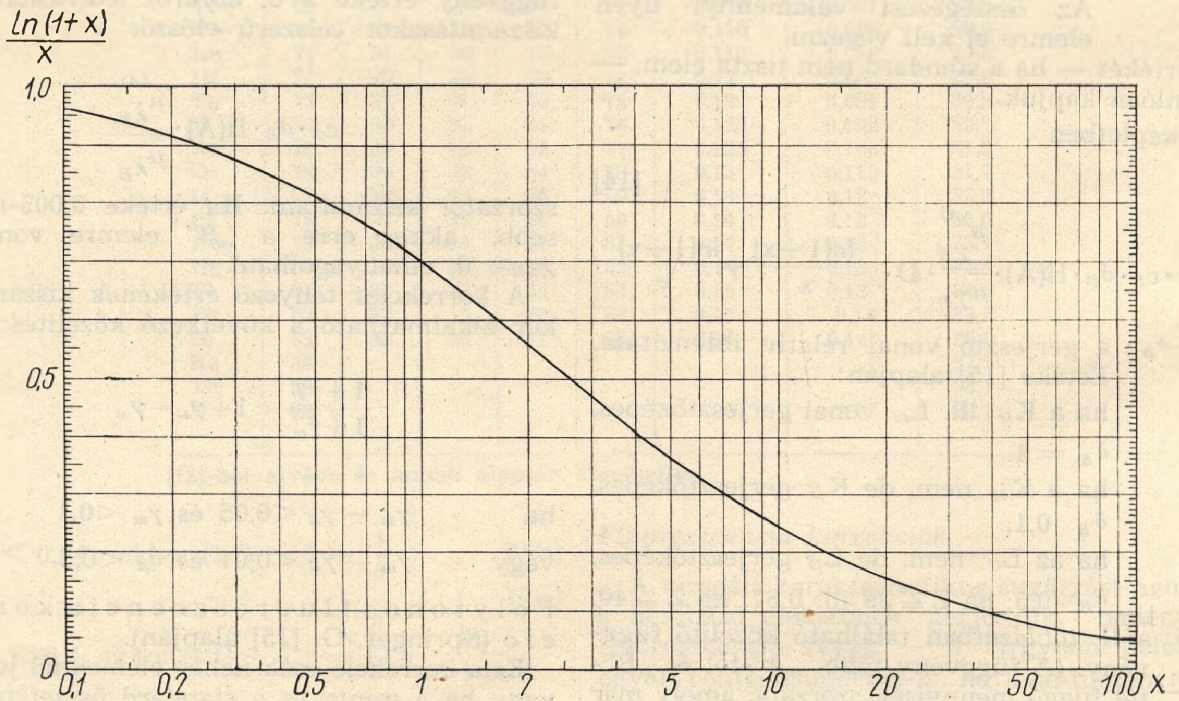
Folytonos fluoreszcencia korrekció (Springer, G. [15] alapján).

Ez a korrekció csak nehéz elemeknél jelentős, vagy ha a minta és a standard összetétele nagyon különböző.

Az itt szereplő Γ a fékezési sugárzás és az elektronbombázás által gerjesztett karakterisztikus sugárzás intenzitásának hányadosa.



5. ábra. A $D(V_0, Z_B - Z_A)$ függvény. [13]-ból átvéve.



6. ábra. Az $\frac{\ln(1+x)}{x}$ függvény.

A mintára vonatkozó Γ értéke:

$$\Gamma_m = G \cdot A \cdot V_k \cdot \bar{Z}_m \cdot \frac{\mu_{KA}^{(A)}}{(\mu_{KA})_m} \cdot h_m \quad [19]$$

Γ_m definíciója hasonló.

Itt G : több, közel állandó mennyiség összevonása.

Értéke: $G = 3,82 \cdot 10^{-6}$ K sugárzása
 $2,35 \cdot 10^{-6}$ L sugárzása

A : a vizsgált „A” elem atomsúlya

$$\bar{Z}_m = \sum c_i \cdot Z_i$$

, a minta átlagos rendszáma

$$(\mu_{KA})_m = \sum c_i \cdot \mu_{KA}^{(i)}$$

$\mu_{KA}^{(i)}$: az „i” elem, mint abszorbens tömegabszorpciós együtthatója a vizsgált „A” elem K ill. L abszorpciós élénél. Értéke a [15] 1. ill. 2. táblázatában található.

h_m : a $g_m = \frac{\mu_{KA}}{\mu_{LA}}$ és a $\frac{V_k}{V_0}$ hányadostól függő

integrálfüggvény, értéke a 7. ábráról leolvasható.

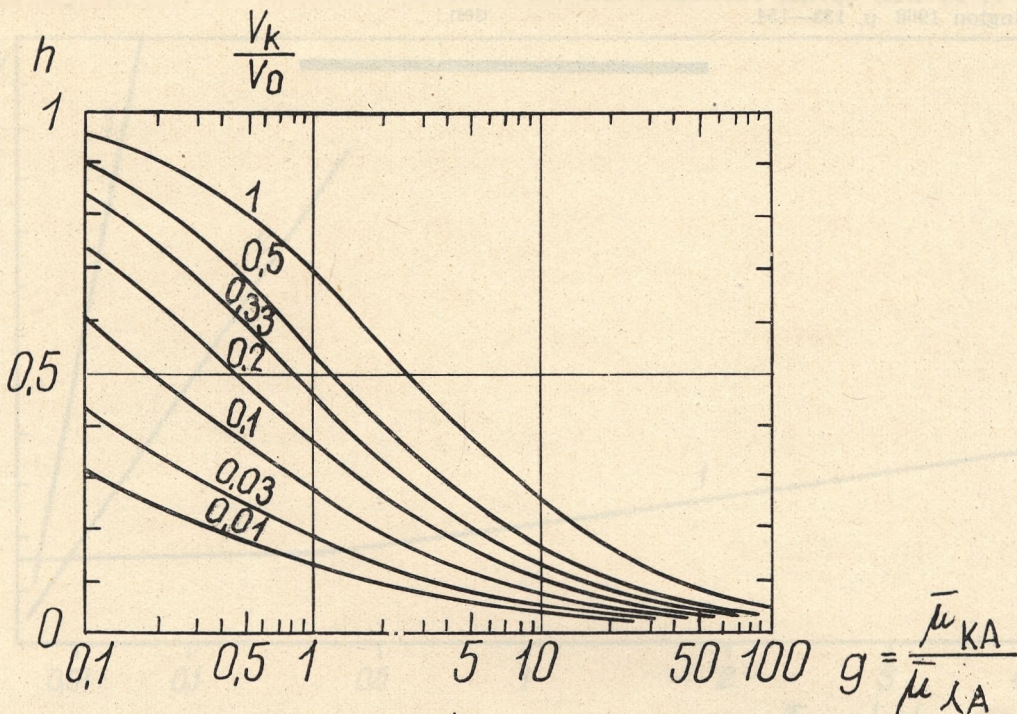
A korrekciós tényező értékének kiszámításakor alkalmazhatjuk a [18]-nak megfelelő közelítést.

Néhány megjegyzés a korrekciós tényezők kiszámításával kapcsolatban

1. A számítás során több ízben kell használni a tömegabszorpciós együtthatókat. Noha ezeket Heinrich [13] mindenütt egy tizedesig közli, nem érdemes két értékes számjegynél többet használni, a harmadikat már kerekíthetjük.

2. A tényezők meghatározása során használt képletek és adatok nagyrésze közelítő jellegű, pontosságuk annál jobban csökken, minél jobban különbözik a tényező értéke 1-től. Emiatt, továbbá a beütésszámok statisztikus ingadozásai miatt nincs értelme túlsok tizedesjegyre számolni.

3. Minél jobban megközelíti a minta összetétele a standardét, annál pontosabbá válik a mennyiségi meghatározás. Ha a standard és a minta összetétele közel egyforma, a korrekciós tényezők értéke közel egységnyi, tehát kiszámításuk elhagyható, a [4] egyenlet is pontos eredményt ad. A különböző összetételű standardok elkészítése azonban eléggé munkaigényes feladat, néhány problémájáról Sweatman és Long [7] megemlékezik.



7. ábra

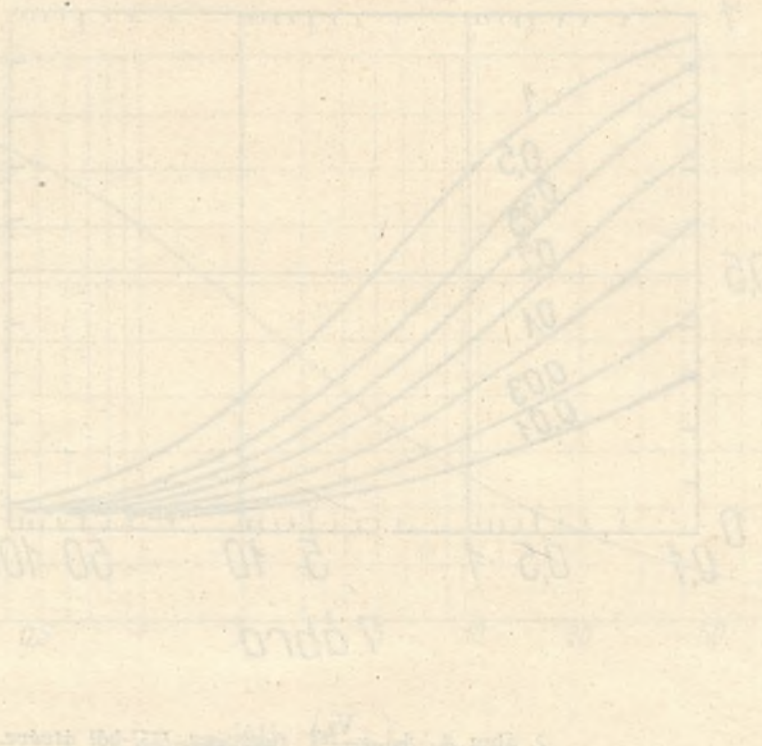
7. ábra A $h\left(g, \frac{V_k}{V_0}\right)$ függvény. [15]-ből átvéve.

- [1] *Pantó Gy.*: Az elektron mikroszonda működése és földtani vonatkozásai. — MTA X. Oszt. Közl. 3. (1969) p. 263—281.
- [2] *Castaing, R.*: Electron probe microanalysis. — Adv. in Electronics and Electron Physics (Ed.: L. Marton) Vol. XIII. (1960), p. 317—386.
- [3] *Birks, L. S.*: Electron Probe Microanalysis, Wiley, N. Y. 1963.
- [4] *Keil, K.*: The electron microprobe X-ray analyzer and its application in mineralogy. — Fortschr. Miner. 44, p. 4—66. (1967).
- [5] *Jánosy L.*: A valószínűségelmélet alapjai és néhány alkalmazása. Tankönyvkiadó, Bp. 1965.
- [6] *Friskney, C. A. and Haworth, C. W.*: Electron probe microanalysis of metal oxides: comparison of correction methods. — Brit. J. Appl. Phys.; Ser. 2, Vol. 1. (1968) No. 7. p. 873—879.
- [7] *Sweatman, T. R. and Long, J. V. P.*: Standards and correction procedures in electron-probe analysis of rock-forming minerals. — 5th Int. Congress for X-ray Optics and Microanalyses, Tübingen, 1968. szept.
- [8] *Springer, G.*: Investigations into the atomic number effect in electronprobe microanalysis. — N. Jahrbuch f. Mineralogie. Monatshefte. 1967, 9/10, p. 304—317.
- [9] *Duncumb, P. and Reed, S. J. B.*: The calculation of stopping power and backscatter effects in electron probe microanalysis. In: Quantitative Electron Probe Microanalysis. (Ed.: Heinrich, K. F. J.) NBS Special Publication 298. Washington 1968 p. 133—154.
- [10] *Duncumb, P. and Shields, P. K.*: Effect of critical excitation potential on the absorption correction. In: The Electron Microprobe. (Proc. of the Symp., Washington, Oct. 1964.) Wiley, N. Y. 1966. p. 296—377.
- [11] *Heinrich, K. F. J.*: The absorption correction model for microprobe analysis. — 2nd National Microprobe Symp., Boston, 1967.
- [12] *Heinrich, K. F. J.*: X-ray absorption uncertainty. In: The Electron Microprobe. (Proc. of the Symp., Washington, Oct. 1964.) Wiley, N. Y. 1966. p. 296—377.
- [13] *Reed, S. J. B.*: Characteristic fluorescence corrections in electron probe microanalysis. — Brit. J. Appl. Phys. Vol. 16 p. 913—926. (1965)
- [14] GEOSCAN electron-probe X-ray microanalyser. Műszerkönyv. Cambridge Instrument Co. Ltd.
- [15] *Spriger, G.*: The correction for „continuous fluorescence” in electron-probe microanalysis. — N. Jahrbuch f. Mineralogie. Abhandlungen. 106, No. 3. (Mai, 1967) p. 241—256.

Nagy, G.:

QUANTITATIVE ANALYSE
MIT ELEKTRONMIKROSONDE

Die Elektromikroszonda wird kurz beschrieben, sowie die Korrektronsrechnungen, die in der quantitativen Analyse mit Mikroszonda vorkommen: die Korrektion der toten Zeit, des Hintergrundes, der Ordnungszahl, der Absorption, der charakteristischen und ständigen Fluoreszenz. Mit Hilfe dieser kann die Korrektionsrechnung selbstständig vorgenommen werden.



Félvezető detektorok alkalmazásának lehetőségei a mélyfúrási geofizikában

Írta: Liszt Ferenc

Az utóbbi években a félvezető-technikában bekövetkezett fejlődés a detektorok terén is éreztette hatását. A tranzisztorok és egyéb félvezető alkatrészek után a félvezetőket radioaktív sugárzások detektálására alkalmas formában is előállították.

Itt nem foglalkozunk a félvezető detektorok mélyebb elemzésével, mert arra a korlátozott terjedelem miatt lehetőség nincs. Csupán az új típusú detektorok előnyeit emeljük ki, összehasonlítva ezeket az eddig alkalmazott detektorokkal. Emellett az eddig kidolgozott típusokat elemezve bemutatjuk a továbbfejlődés lehetőségeit.

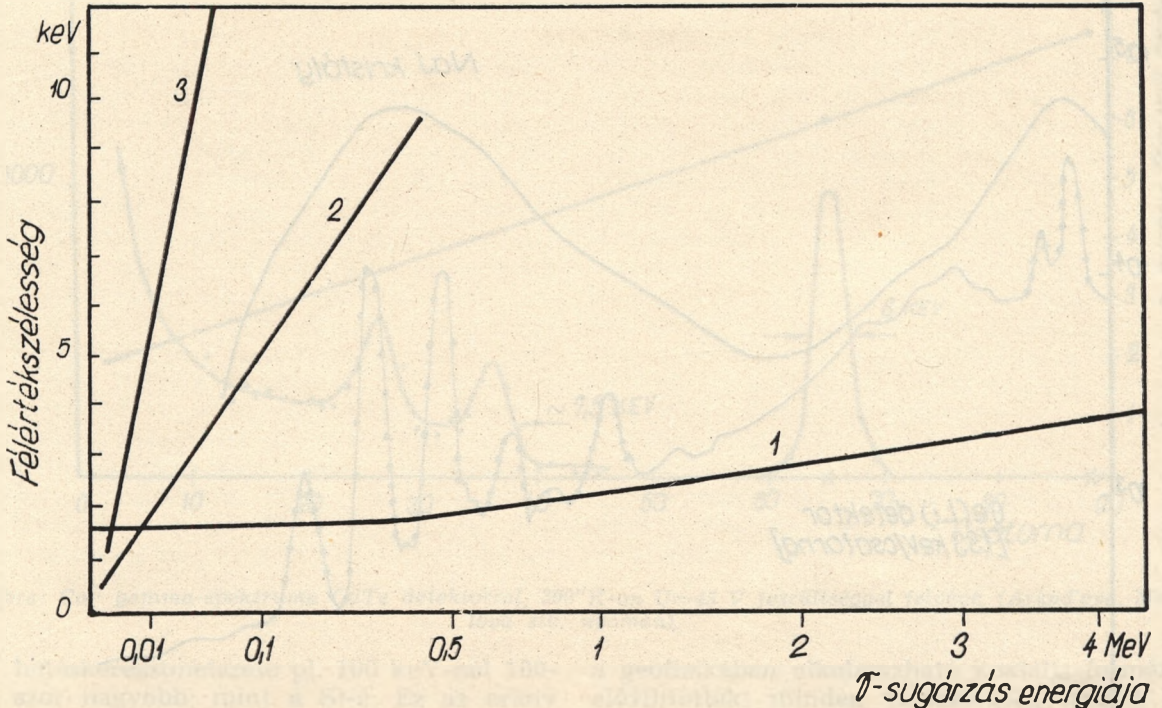
A szilárd félvezető anyagok különleges tulajdonságai:

1. A legjelentősebb a szilárd anyagoknak a gázokhoz viszonyított nagy sűrűsége, amely maga után vonja, hogy a félvezető anyagokban egy töltéshordozó pár létrehozásához ~ 10 -szer kevesebb energia kell, mint gázokban és ~ 100 -

szor kevesebb, mint egy fotoelektron keltéséhez a szcintillációs detektorokban. Ebből az következik, hogy ugyanannyi energia átadása a félvezető kristályokban sokkal több töltéshordozót hoz létre.

2. Ismeretes, hogy az energia-felbontó képesség egyrészt a detektor és az erősítő zajától, másrészt az elektron-lyuk párképződés statisztikus fluktuációjától függ. Mindkét hatás relative csekély olyan detektorokban, amelyeknél az egy töltéshordozópár létrehozásához szükséges közepes energia kicsi. A félvezető detektorok ennek a ténynek köszönhetik jó energia-felbontó képességüket.

Az 1. ábrán egy félvezető detektor, egy proporcionális cső és egy szcintillációs számláló energia-felbontása látható röntgen- és gamma-sugárzás esetén. Az energia-felbontás mértékét a félérték-szélesség adja. A lágy sugárzások kivételével (0—0,05 MeV), ahol az erősítő zaja a mértékadó, a félvezető detektor felbontóképessé-



1. ábra. Egy félvezető detektor (1. görbe), egy proporcionális cső (2. görbe) és egy szcintillációs számláló (3. görbe) felbontóképességének összehasonlítása röntgen- és gamma-sugárzás esetén. Az impulzus-amplitudók eloszlásának félérték-szélességét, amelyet egy jó számlálóval monokromatikus energiájú sugárzással vettük fel, az energia E függvényében ábrázoltuk.

ge mindkét típust felülmúlja. Az is látható, hogy a félvezető detektorok felbontóképesége nagyon jó, gamma-sugárzás esetén egy pár keV, ezenkívül kevéssé függ az energiától.

3. A félvezető detektorok, szemben a hagyományos detektorokkal, nem kívánnak stabilizált tápfeszültséget.

4. Végezetül, de nem utolsósorban: az eddig alkalmazott detektoroknál lényegesen kisebb geometriai méretű detektorokat alkalmazhatunk.

A félvezető detektorok típusai:

Az eddig publikált homogén és záróréteges detektortípusok közül csak az utóbbival foglalkozunk, tekintettel arra, hogy mélyfúrás geofizikában csak ennek van jelentősége. E típuson belül is legjelentősebbnek látszik a felületi záróréteges félvezető detektor. Egy másik felosztási lehetőséget ad az alapanyag szerinti csoportosítás, különös tekintettel a hűtő képességre. Az ezirányú kutatások azt eredményezték, hogy magasabb működési hőmérséklet elérése céljából olyan anyagokat kell keresni, amelyek energiasávrése nagy, mivel a cm^3 kinti elektronsűrűség 10^{11} -nél nem lehet kisebb

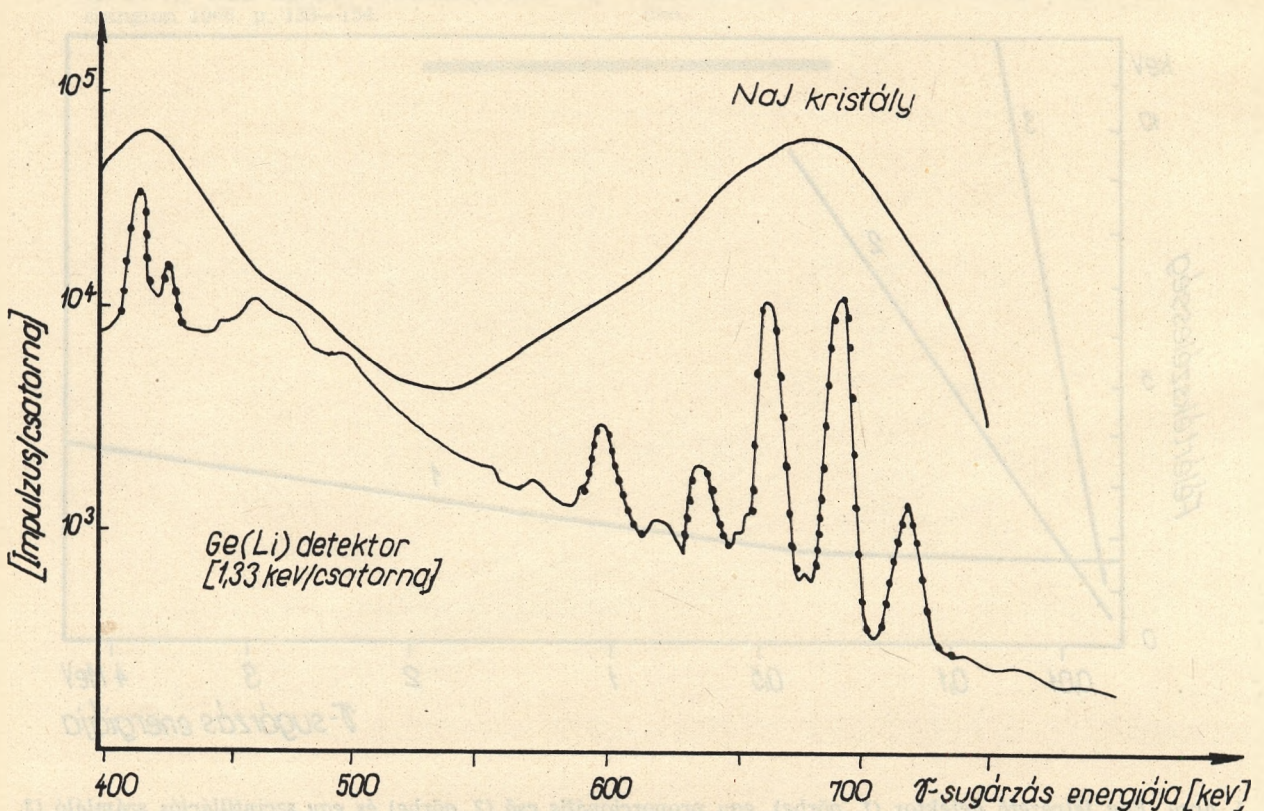
(a kristályelőállítási technológia jelenlegi állása szerint). A 100°C -ig történő alkalmazás esetén $E_g > 1,3$ eV energia-sávrés elegendő, 300°C -ig viszont $E_g > 2,0$ eV szükséges.

Az alábbi táblázatban összehasonlítjuk a hanyományosnak tekintett Ge és Si, illetve egyéb félvezető anyagokat, különös tekintettel az energia-sávrésre.

1. táblázat

Félvezető anyag	Energia-sávrés (eV)	Rendszám Z	Sűrűség g/cm^3
Ge	0,67	32	5,33
Si	1,10	14	2,33
CdTe	1,50	50	5,86
CdSe	1,70	41	5,74
GaP	2,20	23	4,13
ZnTe	2,30	41	5,70
ZnS	3,60	23	4,09

A táblázatból kitűnik, hogy az $E_g > 2,0$ eV követelmény nem elérhetetlen, sőt vannak anyagok, amelyek energiasávrése ennél nagyobb. Az 1 MeV-es tartományban végzendő gamma-detektáláshoz kívánatos, hogy Z a lehető legnagyobb legyen. Az 1. táblázatból az is



2. ábra: Sb^{125} és Sb^{126} gamma-spektrumának részlete 105 cm^3 -es NaJ és 6 cm^3 -es Ge(Li) detektorral felvéve (Fiedler és munkatársai nyomán).

kitűnik, hogy a CdTe detektor mind a hőmérsékleti, mind a jó hatásossági (nagy Z) követelményeknek jobban megfelel, mint pl. a Ge vagy a Si detektor.

Gyakorlati alkalmazás:

A fentiekben ismertetett félvezető anyagok közül

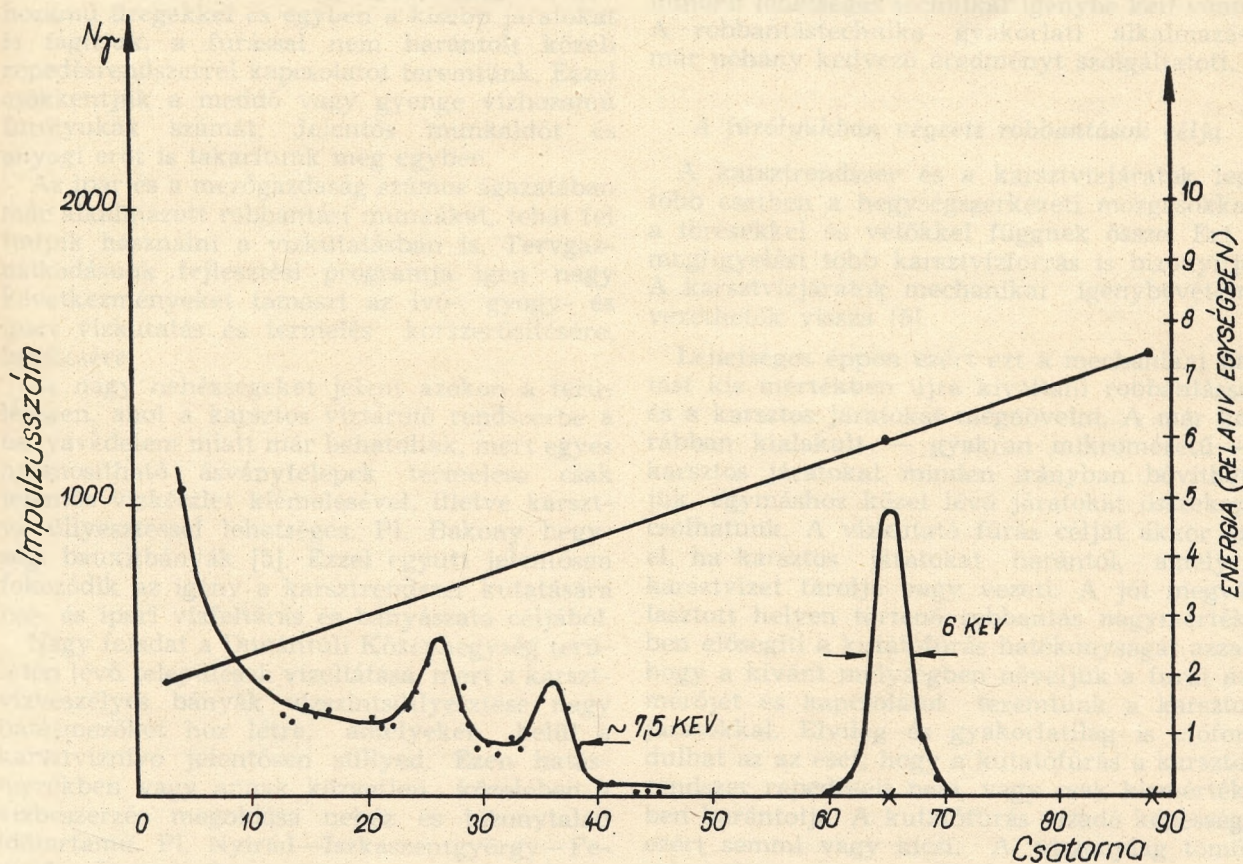
1. a Si(Li) detektor alkalmazásának határt szab, hogy hatáskeresztmetszete ($Z=14$) kicsi a CdTe-hoz ($Z=50$) viszonyítva, valamint az a tény, hogy gamma-energiák mérése esetén hűteni kell;
2. a Ge(Li) ($Z=32$) detektor hatáskeresztmetszete jobb, mint a Si(Li) ($Z=14$) detektoré, fajsúlya pedig több, mint kétszerese a Si-nak. A két hatás eredőjeként a Ge

nálni. Jó alkalmazhatóságát koaxiális formája, valamint igen nagy méretben való előállításának lehetősége adja (hatásos térfogata 100 cm^3 is lehet).

Egy ilyen Ge(Li) detektorral és NaJ kristállyal felvett spektrum összehasonlítása látható a 2. ábrán. A Ge(Li) detektor sokkal jobb energiefelbontása és térfogatához viszonyított nagy hozama szembetűnő.

3. A CdTe a világirodalomban jelenleg publikált detektorok közül a legjobb típus. Széles energia-sávrése már most lehetővé teszi hűtés nélküli alkalmazását detektorként 343 °K -ig (70 °C). Energiefelbontása 300 °K -on (27 °C) a 3. ábrán látható.

CdTe félvezető detektort laboratóriumi körülmények között 6 cm^3 -es hatásos térfogatban és



3. ábra: Co^{57} gamma-spektruma CdTe detektorral, 300 °K -on $U=45 \text{ V}$ feszültséggel felvéve. (Arkad'eva, Maslova stb. nyomán).

hatáskeresztmetszete pl. 100 keV -nél 100-szor nagyobb, mint a Si-é. Ez az arány változatlan marad nagyobb energiaértéknél is, bár az energia növelésével a hatáskeresztmetszetek abszolút értéke rohamosan csökken. Ezt a detektortípust a folyékony nitrogén hőmérsékletén lehet hasz-

a geofizikában alkalmazható koxiális formában előállítottak; minden valószínűség szerint hamarosan sorozatgyártására is sor kerül.

Összefoglalva:

A fentiek alapján minden remény megvan arra, hogy az eddig alkalmazott detektorokat

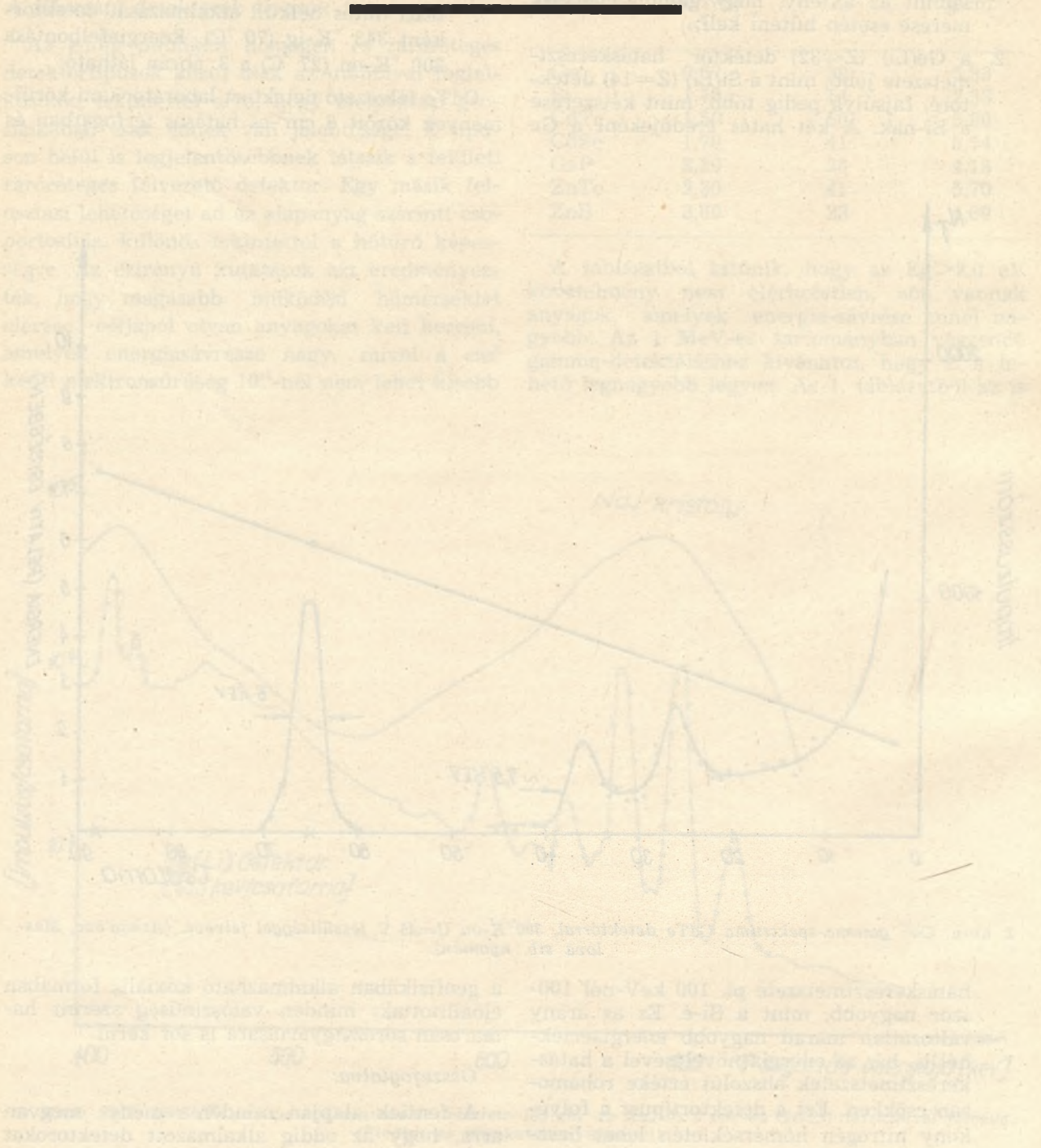
olyan félvezető detektorokkal válthassuk fel, amelyek nagyobb érzékenységgel fognak működni, mint pl. a GM-cső, nagyobb energia-felbontásúak lesznek, mint a scintillációs és proporcionális cső, ugyanakkor nem járnak rendkívüli magasfeszültség-stabilitási megkötöttségekkel, illetve a ftonsokszorozó cső elhagyható. Elvileg nem ütközik nehézségbe üzemi hőmérsékletüknek akár 300 °C-ig való megnövelése. Geometriájuk gyakorlatilag pontszerű, tehát a fúróluk rétegfelbontása végtelenül finom

válk. További előnyük a nagyon alacsony hátér, az anyag tisztasága és kis geometriája miatt, és ezáltal a szelvény dinamikája megnő.

F. Liszt:

THE APPLICATION POSSIBILITIES OF SEMICONDUCTOR DETECTORS IN WELL-LOGGING

The main advantages of semiconductors used as detectors, instead of „traditional” materials, and their application possibilities are discussed and a comparison of their different types presented.



Robbantástechnika alkalmazása néhány hidrogeológiai kutatófúrásban

Írta: Dr. Gondozó György

A robbantástechnika elvei eredményesen alkalmazhatók a vízföldtani kutatásban is. A Szovjetunió, az USA, Svédország, NDK és Kanada a vízügy, a vízgazdálkodás és a vízepítés területén sikerrel dolgozik robbantástechnikával. Hazánkban a hidrogeológiai kutatásban csak nagyon ritkán alkalmazzuk ezt a módszert. Oroszlány, Pusztafám és Pápa területén a robbantásokat a már lemélyített vízkutató, illetve víztermelő fúrások produktivitásának növelésére alkalmazzuk. A robbantások mechanikai hatásával a fúrás által harántolt kisebb vízjáratokat, repedéseket összekötjük a nagyobb vízhozamú üregekkel és egyben a kisebb járatokat is tágítjuk, a fúrással nem harántolt közeli repedésrendszerrel kapcsolatot teremtünk. Ezzel csökkentjük a meddő vagy gyenge vízhozamú fúrólukak számát. Jelentős munkaidőt és anyagi erőt is takarítunk meg egyben.

Az ipar és a mezőgazdaság számos ágazatában már alkalmazott robbantási munkákat, tehát fel tudjuk használni a vízkutatásban is. Tervgazdálkodásunk fejlesztési programja igen nagy következményeket támaszt az ivó-, gyógy- és ipari vízkutatás és termelés korszerűsítésére, bővítésére.

Ez nagy nehézségeket jelent azokon a területeken, ahol a karsztos víztároló rendszerbe a bányavédelem miatt már behatoltak, mert egyes hasznosítható ásványtelepek termelése csak jelentős vízkészlet kiemelésével, illetve karsztvízsüllyesztéssel lehetséges. Pl. Bakony hegységi bauxitbányák [5]. Ezzel együtt jelentősen fokozódik az igény a karsztrendszer kutatására ivó- és ipari vízfeltárás és bányászata céljából.

Nagy feladat a Dunántúli Középhegység területén lévő települések vízellátása, mert a karsztvízveszélyes bányák vízszintsüllyesztése nagy hatásmezőket hoz létre, amelyeken belül a karsztvíznívó jelentősen süllyed. Ezen hatásmezőkben vagy annak közvetlen közelében a vízbeszerzés megoldása nehéz és bizonytalan időtartamú. Pl. Nyirád—Iszkaszentgyörgy—Fenyőfő—Halimba bányavidéken a víztelenítés jelentős vízkészletet von el a karsztrendszerből [6].

	1964. tény	1970.	1975.	1980.
Nyirád	63 m ³ /p	180 m ³ /p	160 m ³ /p	110 m ³ /p
Iszkasztgy.	26 „	60 „	160 „	90 „
Fenyőfő	— „	30 „	40 „	30 „
Halimba	3 „	15 „	15 „	15 „
Összesen	92 m ³ /p	285 m ³ /p	375 m ³ /p	245 m ³ /p

Ezért a tervszerű és céltudatos munkáknak meg kell előzni minden egyes vízkutató vagy víztermelő fúrás telepítését vagy kiképzését.

A vízföldtani kutatások hatékonysága és annak növelése nagymértékben kihat a vízbeszerzés gazdaságosságára. A karsztvízkutatás mélyfúrásos módszerének eredményessége tovább fokozható, megbízhatósága pedig a robbantástechnika alkalmazásával növelhető. Ez azért is szükséges, mert a jövőben a fúrások mélységét növelni kell és egy mélyebb fúrás drágább, tehát a víznyerés eredményessége érdekében minden lehetséges technikát igénybe kell venni. A robbantástechnika gyakorlati alkalmazása már néhány kedvező eredményt szolgáltatott.

A fúrólukban végzett robbantások célja

A karsztrendszer és a karsztvízjáratok legtöbb esetben a hegységszerkezeti mozgásokkal, a törésekkel és vetőkkel függnek össze. Ezt a megfigyelést több karsztvízforrás is bizonyítja. A karsztvízjáratok mechanikai igénybevételre vezethetők vissza [5].

Lehetséges éppen ezért ezt a mechanikai hatást kis mértékben újra kiváltani robbantással és a karsztos járatokat megnövelni. A már korábban kialakult — gyakran mikroméretű — karsztos járatokat minden irányban bővíthetjük, egymáshoz közel lévő járatokat összekapcsolhatunk. A vízkutató fúrás célját akkor éri el, ha karsztos járatokat harántol, amely a karsztvizet tárolja vagy vezeti. A jól megválasztott helyen történő robbantás nagymértékben elősegíti a kutatófúrás hatékonyságát azzal, hogy a kívánt mélységben növeljük a furat átmérőjét és kapcsolatot teremtünk a karsztos járatokkal. Elvileg és gyakorlatilag is előfordulhat az az eset, hogy a kutatófúrás a karsztos rendszer repedéseit nem, vagy csak kismértékben harántolja. A kutatófúrás vízadó képessége ezért semmi vagy kicsi. A viszonylag tömör mészkőben a víz repedések mentén mozog. A repedések kiterjedésének térfogata azonban jóval kisebb a tömör mészkő térfogatánál, ezért nagyon kicsi a valószínűsége, hogy a viszonylag kis átmérőjű fúróval a jelentős vízadó repedéseket harántolni lehessen a kutak megfelelő vízhozama érdekében. Ilyen sikertelenség esetén a kutatófúrást meddőnek nyilvánítják és új lyuk mélyítését tervezik. Ezek esetlegességének elkerülése végett különféle kútkezelési eljárásokat kell alkalmazni. A savazás és a száraz jég

kezelése mellett a robbantások is jelentős figyelmet érdemelnek.

Ha a kémiai kezelés után, vagy azt megelőzve a furatban robbantást végzünk, akkor az eredmény minden kétséget eloszlathat és gyakran meglepő változást hoz a kútfurat produktív jellegében [2]. A kutatófúrásban végzett robbantás célja tehát, hogy a karsztjáratokat mechanikai hatáskiváltással összekapcsoljuk a furattal vagy a karsztjáratokat kitágítsuk, bővítsük. Ez a módszer jól kiegészítheti a savazást és a hagyományos módszereket, illetve azokkal kombinálva jelentős eredményeket hoz.

A robbantástechnika néhány gyakorlati alkalmazása és eredményei

Kutakból történő vízbeszerzés

Eredményes alkalmazását újabban Balatonföldvár—Zamárdi—Tihany környéki vízfeltárásban végezték [2]. Itt a robbantások célja az volt, hogy a kutakat a távolabbi nagyobb karsztjáratokkal összekössék és így a vízhozamot növeljék.

A robbantásokat trotilal végezték, 20—20 kg-os töltetekkel. A furatokat robbantás után kitakarították (sósav és szárazjég). Az eredmény az eredeti vízhozam 80 l/p helyett a helyes és igen alapos, de nem költséges kútkezelés után a vízhozamot 1330 l/p-re sikerült emelni (tihanyi kút).

A kútkezelési eljárásban az eredményes munkát a komplex módszer alkalmazása váltotta ki, amelyben a robbantásnak volt a legnagyobb jelentősége, a többi a kúttakarításban játszott szerepet.

A Pápa környéki Tapolcafő községben mélyített karsztvízkutató illetve karsztvízbeszerző fúrásnál a robbantás hasonló a tihanyi kúthoz, de hatásában egyértelműbb. Dr. Léczfalvy S. javaslatára vízhozamnövelés céljából robbantást alkalmaztunk.

A jelzett területen (Tapolcafő Vízmű) 4 db 50 m mélységű karsztvízkút mélyítését az Országos Földtani Kutató és Fúró Vállalat Dunántúli Üzemegysége végezte. A kivitelezés során 3 db fúrás eredményesnek bizonyult kb. 5 000 l/p vízhozammal. A 4. fúrás olyan repedésrendszerrel nem harántolt, amelyből 110 l/p vízhozamnál többet nyerhettek volna. Ez a mennyiség sósavazás után sem változott. A kérdés eredményes megoldását alapos előtanulmányozás után a robbantásos technológia alkalmazásával láttuk biztosítottak, azért is, mert egy eredményes fúrás 2 m távolságra volt a meddő lyuktól. A fúrásban geofizikai mérést végeztek és az két mélységszintben jelzett repedezettséget, illetve gyenge vízbeáramlást, amelyek adatai közel egyeztek a szomszédos fúrások vízadó szintjeivel (27 m és 36 m). A robbantást ezekben a mélységekben végeztük el.

A robbantást a fúrás geológiai, geofizikai szelvényeinek kiértékelése előzte meg, amit a geo-

lógus, geofizikus és a műszaki kivitelező végzett. A fúrásban 27 m és 36 m mélységekben kisebb vízbeáramlás volt, a magmintákon repedezettséget állapítottunk meg. A nyugalmi vízszint: —2 m-ben volt. A fúrás műszaki állapota lehetővé tette, hogy robbantásos lyukkezelést végezzünk.

A robbantást paxittal végeztük, amelyet vízmentesen eternithüvelybe, kenderkötéssel függesztve juttattunk a furatba, a 36. m mélységre. A robbantótöltetet semmiféle fémes alkatrészszel nem láttuk el, hogy a robbantás utáni lyuktakarítást még biztosíthassuk.

A robbantást követően 15—20 m magasan csapott fel a víz sugar, ökölnyi kőzetdarabokkal együtt.

A lyuktakarítás utáni eredmény, hogy a lyukból 1500 l/p mennyiségű vizet termelnek.

A robbantások célja tehát a fúrás hatékonyságának növelése, kapcsolatteremtés a szomszédos vízadórendszerrel, egyszóval a fúrás eredményessé tétele. Ezeket a célokat a robbantással teljesíteni tudtuk rövid idő alatt kis költséggel.

Az oroszlányi szénbányák területén a 820. számú fúrást barnaköszénkutató, védőrétegvastagság megállapítására és két vízadó réteg elérésére terveztük. A fúrás 545 m-ben érte el a felső kréta víztároló mészkő réteget. A továbbfúrás biztosítása céljából, ezt a vízbeáramlást béléscsővel kizártuk. További előfúrással a felső triász mészkövet — főkarsztvíztároló — a nagy mélység és annak költségkihatása miatt nem tudtuk elérni. Utólag a közeli Pusztavámi Bányüzem ivóvíz igényt jelentett be. A víztároló mészkövet cementált béléscsővel zárták ki a furatból. A béléscső elvágása, perforálása, hasítása vált szükségessé, hogy ezzel szabadabbá tegyék a vízbeáramlást, víznyerés céljára. Az eléggé költséges megoldások kiküszöbölésére a robbantásos technológia alkalmazását javasoltuk saját kivitelezésben, Széles L. vállalati főgeológus közreműködésével. A robbantás kis költséggel igen eredményesnek bizonyult. Az itteni bányászati adottságok felhasználásával terveztük meg a robbantótöltetet és tartozékait. Robbantóanyagként paxitot használtunk, amit VBG gyutaccsal robbantottunk el. A furatba lejuttatott robbantótöltet elvizesedését meg kellett akadályozni. Ezt a feladatot úgy végeztük el, hogy 545 m mélységbe vízmentesen kerüljön a robbantóanyag. Ezt jól zárható fémcsővel ún. torpedóval oldottuk meg, figyelembevéve a kb. 65 atm. nyomást a robbantás mélységében. Ezt a nyomást a furatban lévő fúrás zagy okozta, amelynek a fajsúlya 1,1—1,2 közötti érték.

A robbantás következtében keletkezett fémszilánkok itt nem okoztak fúrástechnikai problémát, mert a fúrás talpmélysége 800 m volt és itt továbbfúrást nem terveztünk.

A robbantás kis költséggel teljesen megfelelőnek és eredményesnek bizonyult, mert a vízbeáramlás megindult. Kompresszorozással, illetve szivattyú beépítéssel a fúrásból tartósan 500—600 l/p vízmennyiség nyerhető. A víz minősége a Fejér megyei Közegészségügyi és Járványügyi Állomás vizsgálata és véleménye alapján „sem bakteriologikailag, sem vegyileg nem kifogásolható, jelenleg ivóvízül elfogadható.”

Ez esetben a robbantás célja a bélésű roncsolása, a víztároló mészke repedésrendszerének mechanikai bővítése és a kinyerhető vízmennyiség biztosítása volt. Ezeket a feladatokat maradéktalanul teljesítette a robbantás. Jelenleg folyamatban van a fúróluk vízellátási hálózatba történő bekapcsolása.

Vízlecsapolás, bányavédelem

A hasznosítható ásványtelepek közelében elhelyezkedő réteg — vagy karsztvizek elleni védekezés hatásos eszköze az aktív vízvédelem, a vízlecsapolás [1].

Az Oroszlányi Szénbányák Pusztavámi Üzemében jelentős fűtővízlecsapolást végeztünk a széntelep felett lévő repedezett, kemény mész márgás rétegekből. A feltáró és fejtéselőkészítő vágatokból fúrásokat mélyítettünk a víztároló rétegben. A fúrások vízhozama a harántolt repedések térfogatbővítésével növelhető volt. Robbantástechnika alkalmazása eredményesnek bizonyult itt is, mert több mint 1,5 millió köbméter vizet csapoltunk és termeltünk ki.

A vízlecsapolások során is hasonló a robbantásos technológiának alkalmazásának célja, mint a kutakból történő vízbeszerzésnél.

Összefoglalás — javaslatok

A robbantástechnika vízföldtani kutatásokban és vízbeszerzésben való alkalmazására hazánkban számos lehetőség van. A bemutatott gyakorlati példák a figyelemfelkeltést célozzák. Bányászaink, geológusaink, a vízkutatás és feltárásban dolgozó mérnökeink, kutatófúrásokat kivitelező szakembereink a robbantástechnika alkalmazásával növelhetik eredményeiket és csökkenthetik a költségeket. A probléma az, hogy a robbantások kivitelezésére kevés lehetőség van és a megszervezése körülményes. Célzerű lenne a bányászattal foglalkozó vállalatokat ilyen feladattal megbízni, vagy az Országos Földtani Kutató és Fúró Vállalatnál, Vízkutató Vállalatoknál ilyen részlegeket létrehozni. Kiközvetítendő olyan robbantásos technológia, amely a Magyarországon ismert víztároló réte-

gekre a leghatásosabb. Egyenlőre körülményes és nehézkes a házi készítményű töltetek alkalmazása, nagyon gyakran nincs kivitelező, vagy a munkavégzés elfogadott terminusa olyan távoli, hogy a várakozás többletköltsége nagyon jelentős. A fúrás kivitelezőjének a robbantás idején ott kell tartania a fúróberendezést, hogy a robbantótöltet beadását, majd a robbantás utáni fúrattakarítást elvégezze. Ezt az időt általában gépórákba számolják.

Hiányos a hazai szakirodalom is e területen. Nincs jóváhagyott robbantástechnikai kifejezés, szabvány és a külföldi irodalom fordításaiban sok a zavartkeltő fogalom [4].

Szakembereink, akik a kutatásokat és kivitelezéseket tervezik és irányítják, kellő gyakorlati ismeret hiányában a robbantásos kutatást nem alkalmazzák. Egyetemi, technikai oktatásban e téma csak elenyésző óraszámban szerepel.

Nálunk a vízbányászat gyakorlati értelmet nyert, tehát szükséges a teljes lehetőségek feltárása robbantástechnikai vonatkozásban is.

Robbantástechnika alkalmazása esetén a kút kiképzés megfelelő takarítás után tökéletesen megoldható.

Külön feladat az, hogy a megfelelő robbanóanyagot kiválasszuk, hatását kiszámítsuk és a költségkihatásokat megvizsgáljuk, figyelembe véve az igen gyors lebonyolítás lehetőségét. Ezeket a feladatokat együttesen a robbantástechnikusok és a kutatást irányítók csak úgy tudják megoldani, ha országos rendelkezések, utasítások erre lehetőséget biztosítanak, és ilyen munkák végzésére a gyakorlatban dolgozó szakembereink igényt támasztanak.

IRODALOM

1. *Ajtay Z.*: Bányavizek elleni védekezés. Műszaki Könyvkiadó, Bp. 1962.
2. *Léczfalvy S.*: Néhány vízkutatás és vízbeszerzés a gyakorlatban. Hidrológiai Közöny 45. 1965. 433—446.
3. *Mosonyi E.—Papp F.*: Műszaki földtan. Műszaki Könyvkiadó, Bp. 1959.
4. *Mueller O.*: Vízépítési robbantások. Hidrológiai Közöny 49. 1969. 159—169.
5. *Schmidt E. R.*: Geomechanika. Akadémiai Kiadó, Bp. 1957.
6. *Vizi B.*: A bauxitelfordulások víztelenítésének jelenlegi helyzete és feladatai. V. Bányavízvédelmi konferencia tárgyalási anyaga. Bp. 1965. IX. 20—22.

ZUSAMMENFASSUNG

Die in zur Karstwasserforschung geteufte Bohrlöchern durchgeführten Sprengschüsse wirken fördernd auf die Wasserabgabe. Durch die Zerklüftungseinwirkung der Sprengschüsse auf das Gebirge werden sich die Wasserführungsgänge erweitert. Dieses Verfahren kann in Bohrlöchern zweckgemäss angewandt werden, in denen das Grundwasserniveau sicher festgestellt werden konnte.

An Hand der Auswertung der vorhergehenden geophysikalischen und geologischen Forschungsarbeiten wurde dieses Sprengverfahren in mehreren Bohrlöchern zur Grundwasser — forschung, so z. B. in der

Umgebung der Stadt Pápa, angewandt. Durch das Verfahren konnten hervorragende Ergebnisse erreicht werden. Im Bohrloch zu Tapolcafé betrug die Wasserabgabe nach der konventionellen Bohrlochbehandlung einen Wert von 110 l/min. Nach der durch richtige Technologie angewandten Sprengschüssen konnte die Wasserabgabe auf 1500 l/min. erhöht werden.

Die Vorteile des Sprengverfahrens liegen darin, dass es schnell, billig und vollkommen erfolgreich ist. Zur Zeit sind dessen Nachteile jedoch das Fehlen der bezüglichen Fachkenntnisse, des entsprechenden Ausführungsunternehmens, sowie auch der Fachliteratur, obwohl zahlreiche Anwendungsbereiche des Verfahrens bekannt sind.

A fúrósörét kőzetbontási mechanizmusa

Írta: Mező Péter

A szilárd ásvány kutatásban a kemény kőzetek (VIII—XII. fúrési kategória) átfúrásának egyik igen gazdaságos módja a sörétfúrás. A sörétfúrásnál a kőzetbontást a sörétek végzik, a korona csak a kőzetbontáshoz szükséges energiát közvetíti a sörétek felé. A fúrósörét talpi munkájának tisztázása az utóbbi 30—40 évre tehető, kísérletek és számítások útján. A fúrósörét kőzetbontó munkájával kapcsolatos elméletek három csoportba sorolhatók.

1. E csoportok képviselői a kőzetbontásban a döntő szót a törött söréteknek, azaz a sörétszilánkoknak juttatja. Szerintük a sörétek szilánkjai a fúrás alatt behatolnak úgy a kőzetbe, mint a korona és a talpterhelés, valamint a korona forgásának hatása alatt apró kőzetszemcséket szakítanak ki. Az ép sörétek nem vesznek részt a kőzetrészek kiszakítási folyamatában, abban csak kiegészítő szerepet játszanak, amennyiben elősegítik, hogy a szilánkok a kőzetbontáshoz a legkedvezőbb helyzetbe kerüljenek, azaz éles végükkel forduljanak a kőzet felé.
2. A kutatók ezen csoportjának az a véleménye, hogy a kőzetrészecskék kiszakítását az ép sörétek végzik, mivel azok a fúrás alatt nem törnek össze. Elméletük szerint a sörétszilánkok nem képesek a kőzetből részecskéket kiszakítani, mivel ehhez élük szilárdsága nem kielégítő, és igen kicsi annak a valószínűsége, hogy a kényszermozgás hatására a kőzetröncsoláshoz megfelelő helyzetbe kerüljenek, azaz éles végükkel forduljanak a kőzet felé.
3. A kutatók harmadik csoportja a sörét kőzetbontó képességét, a körforgást végző sörétben felhalmozódó szabad mozgásenergia munkavégző képességével magyarázták. Szerintük ez a mozgásenergia a kőzettel történő ütközés esetén elegendő a kőzet bontására.

A kísérletek azt mutatták, hogy az öntöttvas sörét a fúrás alatt összetörik és így a kőzet bontását a keletkező nagymennyiségű sörétszilánk végzi. Nem áll a második csoport szerzőinek elmélete sem, mert a kísérletek azt bizonyították, hogy a sörétszilánk még akkor is képes a kőzetből részecskéket kialakítani, ha annak keménysége nagyobb mint a sörété. A harmadik csoport szerzői elméletének tarthatatlan voltát elég egy számítással bizonyítani. Egy sörétszem szá-

bad mozgási energiája (feltételezzük, hogy a sörétszem ilyenre szert tesz):

$$E_m = m_s \frac{V_s^2}{2} (\text{mkp})$$

ahol m = a sörétszem tömege, V = a sörétszem mozgási sebessége. Ha $\delta = 4$ mm a sörét átmérője, és a fúróluk talpán tegyük fel, hogy az egész folyadékmenyiség forog a gyűrűstérben (ez azonban nincs így, mert olyan fúrólukrudázat viszonyt és iszap fizikai-mechanikai tulajdonságokat nem tudunk produkálni, hogy a de Saint—Venant — Iljuszin paraméter a II egyenlő legyen 1,5-tel), akkor a V_s -t vegyük egyenlőnek a korona kerületi sebességével: $n = 150$, $D = 150$ mm

$$E = 0,236 \text{ cmkp}$$

Ilyen csekély mozgási energia hatása ütközésnél elenyésző. A korona alatt szabadon mozgó, a körforgást végző iszap által mozgatott szemcse nincs. A sörétszemek mozgása a korona alatt kényszermozgás.

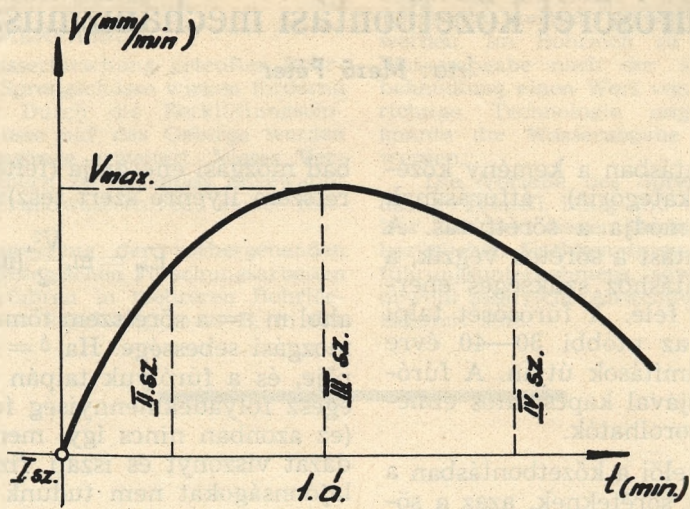
Az öntöttvas sörét talpi munkája

Az öntöttvas sörét a fúróluk talpán 2—3 szilánkra törik. Ez a következőképpen bizonyítható:

1. Az öntöttvas a magas széntartalma miatt rideg.
2. A sörétek, mivel nem egyforma átmérővel bírnak és a fúróluk talpa is egyenetlen, a talpterhelést nem egyformán viselik.
3. Fúrás közben a talpterhelés dinamikus jellegű, mivel a rudázat rezgéseket végez.

Az öntöttvas sörét igen magas statikai terhelést bír el törés nélkül, de lényegesen kisebb dinamikus terhelés hatására bekövetkezik a törés. A fúrás megkezdése után rövid (20—30 perc) idő alatt nagyszámú sörétszilánk keletkezik a fúróluk talpán. Minden sörétszilánk csak egy-két kőzetszemcsét szakít ki a kőzetből, mivel a fúróluk talpán nagymennyiségű sörétszilánk van, a fúróluk mélyítése kezdetét veszi. Az öntöttvas sörét talpi munkája a szilánkok koptató hatásával magyarázható, bár nem ez az egyedüli alakváltozás a fúróluk talpon.

Az öntöttvas sörét útját figyelve, a fúrás alatt egymástól elkülönülő, de szorosan egymásután következő négy szakaszt különböztetünk meg. (1. á.)



I. szakasz:

Ebben a szakaszban adják a fúrósörétet a beépített rudazaton keresztül a fúróluktalpra. A sörét a korona és a lyukfal, valamint a korona belül, és végül egy sor a korona talpa alatt helyezkedik el.

II. szakasz:

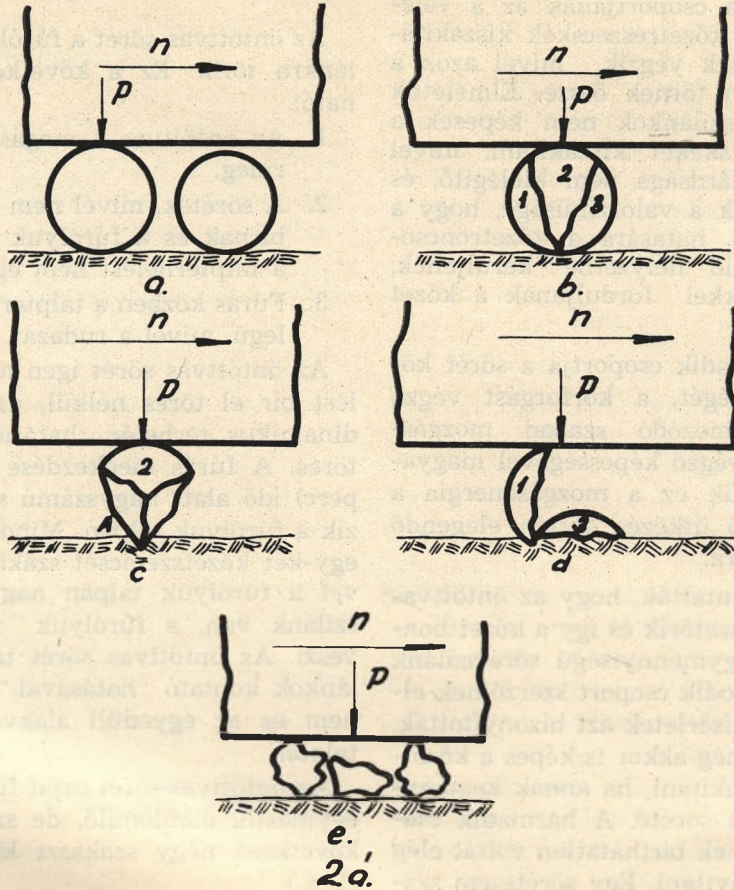
A fúrás ezen szakaszában történik az öntöttvas sörétek szilánkokra törése, a fúrás alatt fellépő

dinamikus erők hatása. A Rockwel C táblázat szerint 64—66 keménységű sörét 2—3 szilánkra törik.

III. szakasz:

A harmadik szakaszban kezdődik a kőzetek roncsolása, mivel a sörétek túlnyomórészt szilánkokká alakultak.

IV. szakasz:



A negyedik szakasz akkor kezdődik, amikor a szilánkok már egyforma nagyok, másrészt már nem képesek közetrészcseke kiszakítására.

Az egyes szakaszokban a $V_m = f(t)$ függvény időbeni változása a következőképpen magyarázható:

- az első szakaszban a rezsitényező nullák és így az előfűrés is nulla, ebből következik, hogy a $V_m = 0$,
- a második szakaszban a rezsitényező nem egyenlők nullával, ezért e szakaszban kezdetét veszi a fűrólyuk mélyítése. A $V_m \neq 0$ lassan növekvő, mert a sörétcirkulációban a lyuktalpon még mindig sok egész sörét vesz részt, aminek felaprítása a talpi teljesítményből energiát von el,
- a harmadik szakaszban a sörétcirkulációban csak szilánk vesz részt, a V_m fokozatosan emelkedik (időegységre vizsgálva pl. 20 perc) és maximumot ér el. Még ebben a szakaszban a V_m csökkenését azzal magyarázhatjuk, hogy a cirkulációban a munkaképtelen sörétek részaránya emelkedik, amik a korona talpa alatt a kőzetbontó munkát lassítják,
- e szakaszban a sörétcirkulációban nagyrészt egyforma nagy, eltompult élű sörét-szilánkok vesznek részt. A fűrés lelassul, a V_m csökkenő tendenciát mutat.

Amint láttuk, az öntöttvas sörét igénybevétele a fűrés alatt nagyobb mint a törőszilárdsága. Különleges kísérleti berendezésekben megfigyelték az öntöttvas sörét szilánkokká válásának pillanatát. (2. á.)

A 2**b**. ábrán egy sörét három részre történő széjjel törését figyelhetjük meg. Az 1. és a 3. rész a terhelés hatására benyomulhat a koronába és a kőzetbe, a 2. rész csak a kőzetbe, és így a kőzet roncsolása kezdetét veszi. A korona forgásának hatására az 1. rész mintegy „vidia”-lapka módjában roncsolhatja a kőzetet. A 2. rész kőzetbontó munkáját a 2**c**. ábrán látjuk. Mivel csak a kőzetbe való behatolásra volt lehetősége, ezért a korona forgásának hatására az A pont körül átfordul és maga mögött meghatározott kőzetmennyiséget kiszakít.

A 2**d**. ábra a két részre tört sörét helyzetét mutatja, amikor a kettős rész eltorlaszolja az utat — mert a talp egyenetlen — és akadályozza az egyes részt kőzetroncsoló munkájában. A 2**e**. ábra a negyedik szakaszba jutott sörét-szilánkokat szemlélteti.

Az acélsörét talpi munkája

Az öntöttvasnál lényegesen jobb szilárdsági tulajdonságokkal rendelkező anyagból készült fűró-sörét kőzetroncsolási mechanizmusa alapjaiban tér el az öntöttvas sörét talpi munkájától. Az ilyen sörétek igénybevétele nem éri el az anyaguk folyási határát, ebből következik, hogy alakjukat mindvégig megőrzik. Alakváltozásuk

a sörétanyag kifáradása következtében pikkelyes leválás útján létrejövő kopás.

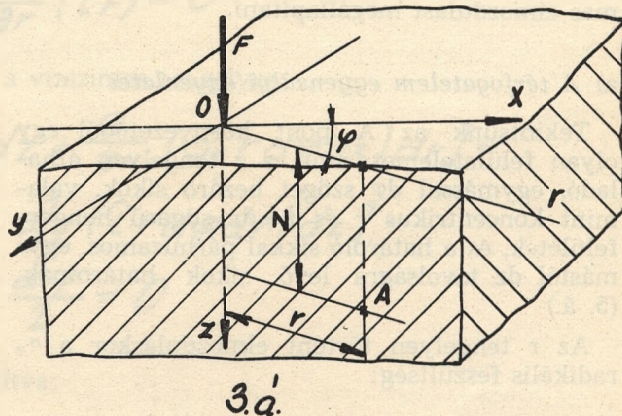
Az acélsörét talpi munkáját a kőzetben (rugalmas féltér) keltett feszültségállapot határozza meg. Az acélsörét a terhelés hatására benyomódik a kőzetbe. Az érintkezési felületen, és a kőzet belsejében az alakváltozás nyírás és több-tengelyű nyomás. A kőzetroncsolás mechanizmussának meghatározásához ismerni kell a végtelen féltérben a koncentrált erő hatása alatt keletkező feszültségállapotot.

Az acélsörét alakváltozása rugalmas deformáció, és így belőle nem keletkeznek szilánkok. Kőzetbontó képessége a terhelés hatására keletkezett roncsolási tér kialakulásával magyarázható.

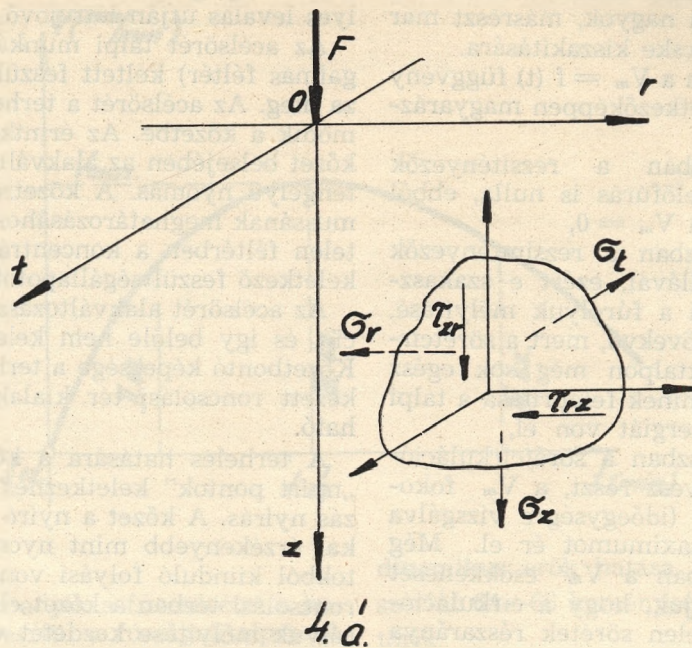
A terhelés hatására a kőzetben úgynevezett „nyírt pontok” keletkeznek, ahol az alakváltozás nyírás. A kőzet a nyíró igénybevételre sokkal érzékenyebb mint nyomásra, és ezen pontokból kiinduló folyási vonal mentén kialakult roncsolási térben a kőzet elroncsolódik és a fűrólyuk mélyítése kezdetét veszi.

A rugalmas féltér feszültségállapota koncentrált erő esetén

Egy igen nagy kiterjedésű rugalmas testet (féltér) egyik oldalán vízszintes sík határol. A testre, a határoló síkjára merőleges (normális irányú) F erő hat. Az erő megoszlási felületének nagysága oly kicsi, hogy pontnak vehető. Az x, y koordináta rendszer az erő támadáspontjában, a határoló síkon van, a z tengely a test belsejébe mutat. A vizsgált esetben a rugalmas féltér feszültségállapota szimmetrikus, a test feszültségállapota az r, φ, z hengerkoordinátákkal jellemzett pontban nem függ a φ polár szögtől. (3. á.) Vizsgáljuk meg a következőkben, hogy az A pontban milyen a feszültségállapot. (4. á.)



Az $r, 0, z$ sík A pontjában a következő feszültségösszetevők hatnak: σ_r normál feszültség az $r, 0, z$ síkban, σ_z normál feszültség a $t, 0, z$ síkban



4.a.

párhuzamos síkban, σ_z normál feszültség az $r\theta t$ síkkal párhuzamos síkban, és a τ_{rz} és a τ_{zr} egymással egyenlő csúsztatófeszültségek. Az $r\theta z$ síkban a terhelés hatására szögelfordulás is létrejön.

$\tau_{rt} = \tau_{tr}$ és a $\tau_{tz} = \tau_{zt}$ egyenlők zéróval, ez a z-tengely körüli szimetriából következik, ezért az $r\theta z$ sík fősíka.

A továbbiakban a σ_r sugárirányú feszültségként, a σ_t érintő irányú feszültségként, a σ_z tengelyirányú feszültségként, a $\tau_{rz} = \tau_{zr} = \tau$ csúsztató feszültségként értelmezzük.

Feladat tehát a tetszőleges $A(r, z)$ pontjában a fenti feszültségeket az r és z koordináták függvényeként meghatározni, és az $A(r, z)$ rugalmas elmozdulást megállapítani.

a) A térfogatelem egyensúlyi egyenletei

Tekintsünk az A pont környezetéből egy olyan felületelemet, amit a z tengelyen áthaladó, egymással $d\varphi$ szöget bezáró síkok, valamint koncentrikus r és $r+dr$ sugarú hengerfelületek, és a határoló síkkal párhuzamos, egymástól dz távolságra levő síkok határolnak. (5. á.)

Az r tengelyen történt elmozduláskor a σ_r radikális feszültség:

$$\frac{\partial \sigma_r}{\partial r} dr$$

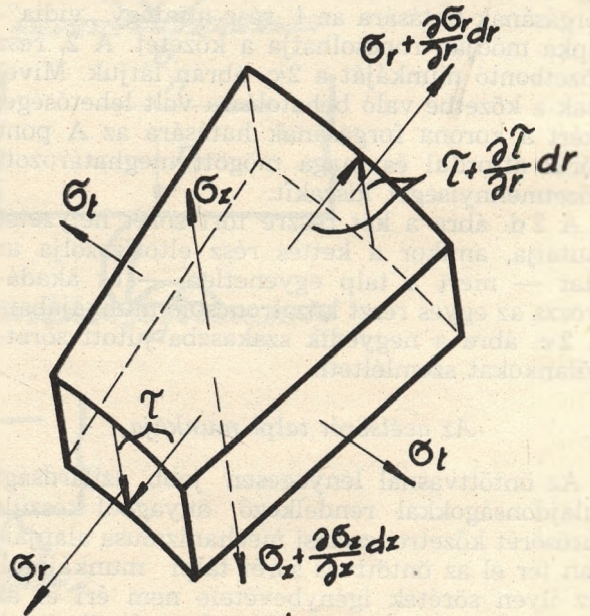
értékkel a τ csúsztató feszültség: értékkel változik meg.

$$\frac{\partial \tau}{\partial r} dr$$

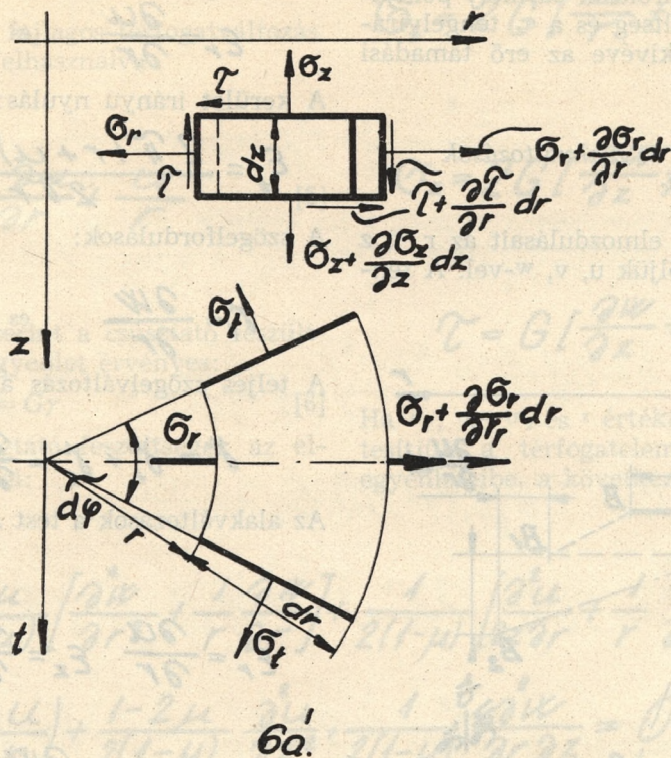
A z tengely menti elmozduláskor a σ_z tengelyirányú feszültség:

$$\frac{\partial \sigma_z}{\partial z} dz$$

értékkel változik. Az érintő irányú elmozdulás esetén a σ_t értéke nem változik, ez a z tengely



5.a.



körüli szimetriából következik. (6. á.) Vizsgáljuk meg a térfogatelem egyensúlyát.

a) A térfogatelemre ható összes erők vetülete függőleges z tengelyre:

$$-\sigma_z r d\varphi dr + [\sigma_z r d\varphi dr + \frac{\partial}{\partial z} (\sigma_z r d\varphi dr) dz] - \tau r d\varphi dz + [\tau r d\varphi dz + \frac{\partial}{\partial r} (\tau r d\varphi dz) dr] = 0$$

átalakítva:

$$r \frac{\partial \sigma_z}{\partial z} + \frac{\partial}{\partial r} (\tau r) = 0 \quad [1]$$

b) A térfogatelemre ható összes erő vetülete a vízszintes tengelyre:

$$-\sigma_r r d\varphi dz + [\sigma_r r d\varphi dz + \frac{\partial}{\partial r} (\sigma_r r d\varphi dz) dr] - \tau r d\varphi dr + [\tau r d\varphi dr + \frac{\partial}{\partial z} (\tau r d\varphi dr) dz] - 2\sigma_t dr dz \sin \frac{d\varphi}{2} = 0$$

átalakítva:

$$r \frac{\partial \tau}{\partial z} + \frac{\partial}{\partial r} (\sigma_r \tau) - \sigma_t = 0 \quad [2]$$

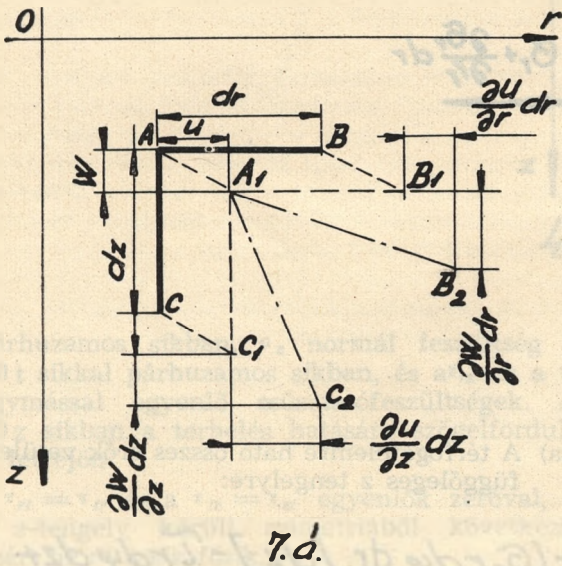
A σ_r ; σ_t ; σ_z és a τ feszültségeknek, melyeket az r és z változók függvényeként vizsgáltunk, ki

kell elégíteni az [1] és [2] parciális differenciálegyenleteket.

A következő határfeltételnek kell még teljesülni, hogy a $z=0$ határolósík bármely pontjában a τ csúsztató feszültség és a σ_z tengelyirányú feszültség zéró, kivéve az erő támadási pontját.

b) Az elmozdulások és az alakváltozások közötti összefüggések

Az A pont rugalmas elmozdulásait az r, t, z tengelyek irányába jelöljük u, v, w -vel. A ten-



gelyszimetriából következik, hogy a koordináta rendszer kezdőpontjában támadó, a test felületére merőleges F koncentrált erő hatására a test alakváltozásakor a $v=0$.

Az elmozdulás és összetevői az A pont r és z koordinátáinak függvényei.

Az rOz síkban fekvő $AB=dr$ és $AC=dz$ merőleges vonalelemek alakváltozás utáni helyzetét a 7. á. szemlélteti. Az A pont az alakváltozás után a Z tengelymenti W és az r tengelymenti elmozdulással az A_1 pontba kerül. Az AB és az AC vonalelemek hosszukat megváltoztatva kis γ_1 és γ_2 szöggel elfordulva A_1C_1 helyzetbe kerülnek. A végpontok elmozdulásösszetevői a következők:

a B pontra:

$$u + \frac{\partial u}{\partial r} dr \quad \text{és} \quad w + \frac{\partial w}{\partial r} dr$$

a C pontra:

$$u + \frac{\partial u}{\partial z} dz \quad \text{és} \quad w + \frac{\partial w}{\partial z} dz$$

Az r és z irányú nyúlások:

$$\epsilon_r = \frac{\partial u}{\partial r} \quad \text{és} \quad \epsilon_z = \frac{\partial w}{\partial z}$$

A kerület irányú nyúlás:

$$\epsilon_t = \frac{2\tilde{\pi}(r+u) - 2\tilde{\pi}r}{2\tilde{\pi}r} = \frac{u}{r}$$

A szögelfordulások:

$$\gamma_1 = \frac{\partial w}{\partial r} \quad \text{és} \quad \gamma_2 = \frac{\partial u}{\partial z}$$

A teljes szögelfordulás az rOz síkban:

$$\gamma = \gamma_1 + \gamma_2 = \frac{\partial w}{\partial r} + \frac{\partial u}{\partial z}$$

Az alakváltozások a test A (r, z) pontjában:

$$\epsilon_r = \frac{\partial u}{\partial r} \quad \epsilon_z = \frac{\partial w}{\partial z} \quad \epsilon_t = \frac{u}{r}$$

[3]

$$\gamma = \frac{\partial w}{\partial r} + \frac{\partial u}{\partial z}$$

c) Az alakváltozások és a feszültségek közötti összefüggések

A normális feszültségekre a Hooke-törvény a következő:

$$\sigma_r = \frac{1}{E} [\sigma_r - \mu(\sigma_t + \sigma_z)]$$

$$\epsilon_t = \frac{1}{E} [\sigma_t - \mu(\sigma_r + \sigma_z)]$$

$$\epsilon_z = \frac{1}{E} [\sigma_z - \mu(\sigma_t + \sigma_r)]$$

Az egyenletrendszert a feszültségekre megoldva kapjuk:

$$\sigma_r = 2G[\epsilon_r + e \frac{\mu}{1-2\mu}]$$

$$\sigma_t = 2G[\epsilon_t + e \frac{\mu}{1-2\mu}]$$

$$\sigma_z = 2G[\epsilon_z + e \frac{\mu}{1-2\mu}]$$

[4]

ahol $G = \frac{E}{2(1+\mu)}$ a csúsztató rugalmassági modulus és az $\varepsilon_r + \varepsilon_t + \varepsilon_z$ a fajlagos térfogatváltozás. A [3] egyenleteket felhasználva

$$e = \frac{\partial w}{\partial z} + \frac{\partial u}{\partial r} + \frac{u}{r} \quad [5]$$

A Hooke-törvény szerint a csúsztató feszültségre a következő egyenlet érvényes:

$$\tau = G\gamma \quad [6]$$

A normális és csúsztató feszültségek az elmozdulási összetevőkkel:

$$\sigma_r = 2G \left[\frac{u}{r} + e \frac{\mu}{1-2\mu} \right]$$

$$\sigma_z = 2G \left[\frac{\partial w}{\partial z} + e \frac{\mu}{1-2\mu} \right] \quad [7]$$

$$\tau = G \left[\frac{\partial w}{\partial z} + \frac{\partial u}{\partial r} \right]$$

Ha σ_r ; σ_t ; σ_z és τ értékeit [7] képletből helyettesítjük a térfogatelem [1] és [2] egyensúlyi egyenleteibe, a következő kifejezést kapjuk:

$$\frac{\partial^2 w}{\partial z^2} + \frac{1-2\mu}{2(1-\mu)} \left[\frac{\partial^2 w}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial w}{\partial r} \right] + \frac{1}{2(1-\mu)} \left[\frac{\partial^2 u}{\partial z \partial r} + \frac{1}{r} \frac{\partial u}{\partial z} \right] = 0 \quad [8]$$

$$\frac{\partial^2 u}{\partial r^2} + \frac{\partial}{\partial r} \left(\frac{u}{r} \right) + \frac{1-2\mu}{2(1-\mu)} \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} + \frac{1}{2(1-\mu)} \frac{\partial^2 w}{\partial r \partial z} = 0$$

A fenti két parciális differenciálegyenletből álló egyenletrendszer két partikuláris megoldása Boussinesq-től származik.

A két lehetséges kifejezés a tetszőleges A (r,z) pont u és w elmozdulásaira:

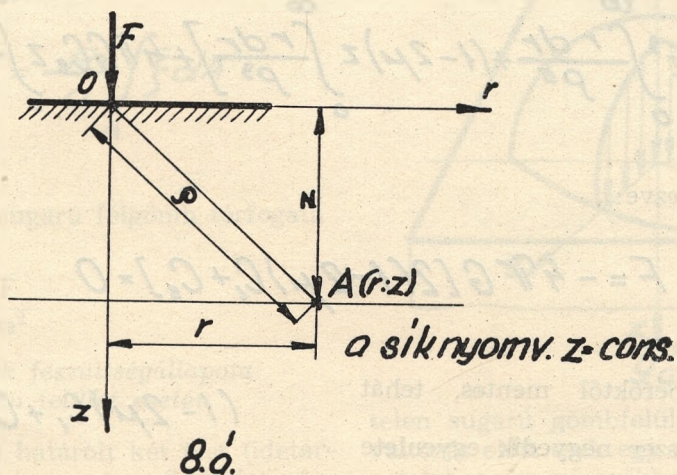
$$w = C_1 \left[\frac{z^2}{\rho^3} + (3-4\mu) \frac{1}{\rho} \right]$$

$$u = C_2 \frac{r}{\rho(\rho+z)} \quad [9]$$

$$u = C_1 \frac{r z}{\rho^3}$$

$$w = C_2 \frac{1}{\rho}$$

Ahol $\rho^2 = (r^2 + z^2)$ az A pont távolsága az F koncentrált erő támadáspontjától. (8. á.)



A C_1 és a C_2 tetszőleges állandók. A [8] egyenletrendszer megoldása a két partikuláris megoldás összege:

$$u = C_1 \frac{r z}{\rho^3} + C_2 \frac{r}{\rho(\rho+z)}$$

$$w = C_1 \left[\frac{z^2}{\rho^3} + (3-4\mu) \frac{1}{\rho} \right] + C_2 \frac{1}{\rho} \quad [11]$$

A [11] képletből az elmozdulások értékeit a [8] képletbe a feszültségek meghatározására szolgáló kifejezésbe helyettesítve kapjuk:

$$\sigma_r = 2G \left\{ C_1 \left[(1-2\mu) \frac{z}{\rho^3} - \frac{3zr^3}{\rho^5} \right] + \frac{C_2}{\rho^2(\rho+z)} \left[z^2 - r^2 + \frac{z^3}{\rho} \right] \right\}$$

$$\sigma_t = 2G \left[C_1 (1-2\mu) \frac{z}{\rho^3} + \frac{C_2}{\rho(\rho+z)} \right] \quad [12]$$

$$\sigma_z = -2G \left\{ C_1 \left[\frac{3z^3}{\rho^5} + (1-2\mu) \frac{z}{\rho^3} \right] + C_2 \frac{z}{\rho^3} \right\}$$

$$\tau = -2G \left\{ C_1 \left[\frac{3rz^2}{\rho^5} + (1-2\mu) \frac{r}{\rho^3} \right] + C_2 \frac{r}{\rho^3} \right\}$$

A C_1 , C_2 állandók meghatározása következőképp történik.

Első feltétel:
a belső erők (tengelyirányú feszültségek), me-

lyek a vizsgált test $Z = \text{const.}$ sikkal való metszetében hatnak, az F külső erővel egyensúlyban vannak. Válasszuk ki a metszet dA felület elemét r és $r+dr$ sugarú gyűrű alakjában, melynek középpontja a Z tengelyen van, ekkor:

$$F = - \int_0^\infty \int_0^{2\pi} \sigma_z r dr d\varphi = -2\pi \int_0^\infty \sigma_z r dr \quad [13]$$

A [12] egyenletrendszer harmadik egyenletét behelyettesítve a σ_z helyébe

$$F = 4\pi G C_1 \left[3z^3 \int_0^\infty \frac{r dr}{\rho^5} + (1-2\mu) z \int_0^\infty \frac{r dr}{\rho^3} \right] + 4\pi G C_2 z \int_0^\infty \frac{r dr}{\rho^3} \quad [14]$$

integrálás után átrendezve:

$$F = -4\pi G [2(1-2\mu)C_1 + C_2] = 0 \quad [15]$$

Második feltétel:
a féltér felülete nyíróerőktől mentes, tehát $Z=0$ -nál $\tau=0$.

A [12] egyenletrendszer negyedik egyenlete szerint:

$$(1-2\mu)C_1 + C_2 = 0 \quad [16]$$

A [15] és a [16] egyenlet megoldva:

$$C_1 = \frac{F}{4\pi G} \quad \text{és} \quad C_2 = -(1-2\mu) \frac{F}{4\pi G} \quad [17]$$

A C_1 és a C_2 értékeit a [17] összefüggésből a tetszőleges $A(r,z)$ pontjának rugalmas elmozdulását:

$$u = \frac{F}{4\pi G} \left[\frac{rz}{\rho^3} - (1-2\mu) \frac{r}{\rho(\rho+z)} \right] \quad [18]$$

$$w = \frac{F}{4\pi G} \left[\frac{2(1-\mu)}{\rho} + \frac{z^2}{\rho^3} \right]$$

A [17] egyenletnek a [12] képletbe történő behelyettesítés után megkapjuk a rugalmas fél-tér tetszőleges $A(r,z)$ pontjának feszültségeit:

$$\sigma_r = \frac{F}{2\pi} \left[\frac{1-2\mu}{\rho(\rho+z)} - \frac{3zr^2}{\rho^5} \right] \quad [19] \quad \sigma_z = -\frac{F}{2\pi} \frac{3z^3}{\rho^5} \quad [21]$$

$$\sigma_\theta = \frac{F}{2\pi} (1-2\mu) \left[\frac{z}{\rho^3} - \frac{1}{\rho(\rho+z)} \right] \quad [20] \quad \tau = \frac{F}{2\pi} \frac{3rz^2}{\rho^5} \quad [22]$$

d) A körfelületen megoszló és a gömbfelület ordinátaival arányos nyomás

Az érintkező testek kezdeti pontszerű érintkezése a terhelés hatására elliptikus felületbe megy át. Az érintkező testek közötti felületi nyomás az érintkezési felületen ellipszoidális

megoszlású. Tengelyszimmetria esetén az elliptikus felület köralakúvá, és az ellipszoidális eloszlási törvény gömbivé válik.

Ezek után tegyük fel, hogy az F terhelés megoszlását az a sugarú körfelületen e felületre emelt félgömb ordinátaí jellemzik, azaz

$$\rho = \rho_0 \frac{\xi}{a} = \rho_0 \sqrt{1 - \left(\frac{x}{a}\right)^2 - \left(\frac{y}{a}\right)^2}$$

ahol p a felületi nyomás az A körfelület középpontjában. (9. á.) A maximális p nyomás az F terheléssel kifejezhető:

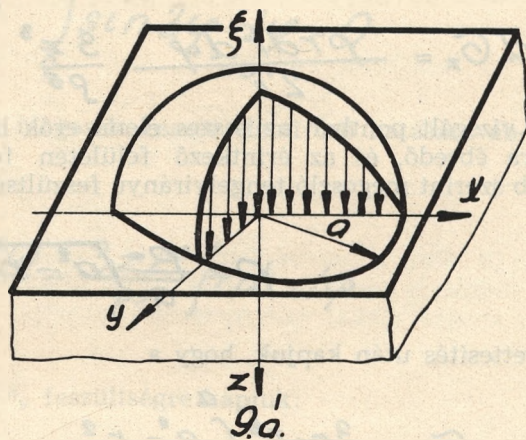
$$F = \int_A p dA = \frac{\rho_0}{a} \int_A \xi dA$$

ahol $\xi dA = \frac{2}{3} \pi a^3$ az a sugarú félgömb térfogata

$$\rho_0 = \frac{3}{2} \frac{F}{\pi a^2}$$

e) Az érintkező testek feszültségállapota köralakú érintkezési felület esetén

A gömbfelületekkel határolt két test (idetartozik a gömb és a sík is, mert a síkfelület vég-



telen sugarú gömbfelületként kezelhető) alakváltozás előtt csak egy pontban érintkezhet. Ha a teteket nyomó erőkkel terheljük meg, a kez-

deti pontszerű érintkezés átalakul a testek méreteihez képest kicsiny körfelületen való érintkezésé.

Az érintkezési felület kicsisége az érintkező testek méreteihez képest lehetővé teszi, hogy a feszültségek analizisének alapjául a rugalmas feltételre ható koncentrált erő esetén levezetett képletekkel dolgozzunk.

Határozzuk meg a feszültségállapotot a test következő pontjaiban:

1. a Z szimmetria tengelyen,
2. az érintkezési felület határoló körén.

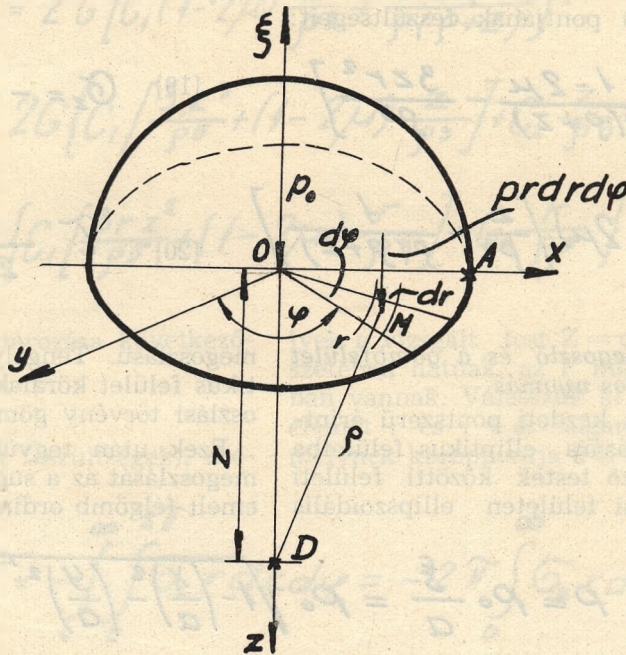
Vizsgáljuk meg a feszültségállapotot a Z tengely egy tetszőleges pontjában. A [21] képlet

szerinti a tengelyirányú feszültség, melyet a test felületére a Z tengelytől r távolságra ható F koncentrált erő idéz elő:

$$\sigma_z = -\frac{F}{2\pi} \frac{3z^3}{\rho^5}$$

$$\rho = \sqrt{z^2 + r^2}$$

A Z tengely vizsgált 0 pontjában a pr, dr, dφ elemi erő hatására fellépő tengelyirányú feszültség (10. á.)



10. á.

$$d\sigma_z = \frac{p r dr d\varphi}{2\pi} \frac{3z^3}{\rho^5}$$

A vizsgált pontban az összes elemi erők hatására ébredő, és az érintkező felületen félgömb szerint megoszló tengelyirányú feszültség:

$$\sigma_z = -\int_0^a \int_0^{2\pi} \frac{p r dr d\varphi}{2\pi} \frac{3z^3}{\rho^5}$$

$$\rho = \frac{p_0}{a} \sqrt{a^2 - r^2}$$

$$\rho = \sqrt{z^2 + r^2}$$

[23]

helyettesítés után kapjuk, hogy a

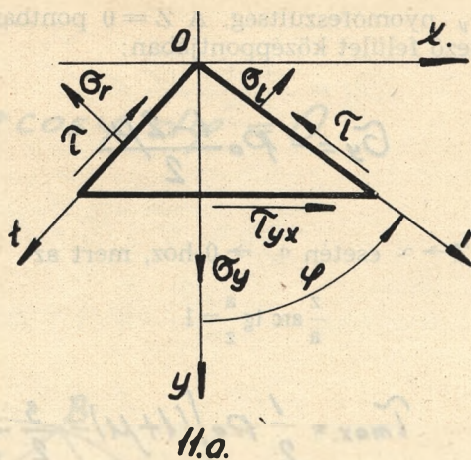
$$\sigma_z = \frac{3p_0 z^3}{a} \int_0^a \frac{a^2 - r^2}{\sqrt{z^2 + r^2}^5} r dr = -\frac{p_0}{a} \frac{z^3}{a^2 + z^2} \left(\frac{a^2 - r^2}{z^2 + r^2} \right)^{3/2} \Big|_0^a$$

A Z tengelyre merőleges, és tetszőleges pontján átmenő felületre ható feszültség:

$$\sigma_z = -\rho_0 \frac{1}{1 + \left(\frac{z}{a}\right)^2} \quad [24]$$

A σ_z nyomófeszültség. Az érintkezési felület középpontjában $Z=0$, a $\sigma_z = -\rho_0$, míg a $Z \rightarrow \infty$ esetben a $\sigma_z \rightarrow 0$ tart.

Az elemi prizma egyensúlyi feltételeiből, melyet sugár- és érintőirányú metszetek (11. á.), valamint az xOz síkkal párhuzamos metszet határol, fejezzük ki a σ_φ és a $\tau_{\varphi z}$ feszültségeket a σ_r ; σ_t és a τ feszültségekkel:



$$\sigma_\varphi = \frac{1}{2}(\sigma_r + \sigma_t) + \frac{1}{2}(\sigma_r - \sigma_t)\cos 2\varphi - \tau \sin 2\varphi$$

$$\tau_{\varphi z} = \frac{1}{2}(\sigma_r - \sigma_t)\sin 2\varphi - \tau \cos 2\varphi$$

[24]

Behelyettesítve a [19], [20] és [22] képleteket, a $prdrd\varphi$ elemi erő hatására a Z tengely vizsgált pontjában ébredő σ_y feszültség összetevője.

$$d\sigma_y = \frac{1}{2} \frac{prdrd\varphi}{2\pi} \left[\frac{z(1-2\mu)}{\rho^3} - \frac{3zr^2}{\rho^5} \right] + \frac{1}{2} \frac{prdrd\varphi}{2\pi} \left[\frac{2(1-2\mu)}{\rho(\rho+z)} - \frac{z(1-2\mu)}{\rho^3} - \frac{3zr^2}{\rho^5} \right] \cos 2\varphi + \frac{prdrd\varphi}{2\pi} \frac{3zr^2}{\rho^5} \sin 2\varphi$$

Figyelembe véve, hogy:

$$\int_0^{2\pi} \cos 2\varphi d\varphi = 0 \quad \text{és} \quad \int_0^{2\pi} \sin 2\varphi d\varphi = 0$$

a vizsgált pontban megkapjuk az érintkező felületen megoszló összes elemi erő hatására ébredő teljes σ_y feszültséget:

$$\sigma_y = \int_0^a \int_0^{2\pi} \frac{1}{2} \frac{\rho_0}{a} \frac{\sqrt{a^2 - r^2}}{2\pi} \left[\frac{z(1-2\mu)}{\rho^3} - \frac{3zr^2}{\rho^5} \right] r dr d\varphi$$

A szükséges kvadraturák elvégzése után a keresett σ_y feszültségre kapjuk:

$$\sigma_y = -\rho_0 \left[(1+\mu) - \frac{1}{2} \frac{1}{1 + \left(\frac{z}{a}\right)^2} - (1+\mu) \arctg \frac{a}{z} \right]$$

[25]

A σ_y nyomófeszültség. A $Z=0$ pontban, az érintkező felület középpontjában:

$$\sigma_y = -p_0 \frac{1-2\mu}{2}$$

Ha $Z \rightarrow \infty$ esetén $\sigma \rightarrow 0$ -hoz, mert az

$$\frac{z}{a} \operatorname{arctg} \frac{a}{z} = 1$$

$$\tau_{max} = \frac{1}{2} p_0 \left[(1+\mu) - \frac{3}{2} \frac{1}{1+(\frac{z}{a})^2} - (1+\mu) \frac{z}{a} \operatorname{arctg} \frac{a}{z} \right] \quad [26]$$

A τ_{max} legnagyobb értékét a $Z=0,48 a \approx 0,5$ mélységben éri el:

$$\tau_{max}^{legn.} = \frac{1}{2} p_0 \left[(1+\mu) - \frac{6}{5} - \frac{1+\mu}{2} \operatorname{arctg} 2 \right]$$

Vizsgáljuk meg a feszültségállapotot az érintkezői körfelület kerületi pontjaiban, pl. az X

A feszültségi állapot tengelyszimetriája következtében a [25] kifejezés a Z tengelyen átmenő bármely felületre ható normális feszültséget adja, így a σ_x feszültséget.

A τ_{max} értéke a vizsgált pont és az érintkezői felület középpontja Z távolságának függvényeként a következő:

tengely és a kerület metszéspontjaiban. A féltér felületén a sugár- és érintőirányú feszültség:

$$\sigma_r = -\frac{F}{2\pi} \frac{1-2\mu}{r^2} \quad \text{és} \quad \sigma_z = -\frac{3Fz^3}{2\pi r^3}$$

A csúsztatófeszültség úgy a metszetekben, mint a felületen zérus ($z=0$).

Az elemi hasáb egyensúlyi feltételeiből (12. á.) az X tengelyre merőleges felületen a normális és a csúsztatófeszültség:

$$\sigma_x = \frac{1}{2} (\sigma_r + \sigma_z) + \frac{1}{2} (\sigma_r - \sigma_z) \cos 2\varphi$$

$$\tau_{xy} = \frac{1}{2} (\sigma_r - \sigma_z) \sin 2\varphi$$

A σ_x feszültség összetevője, amit a $r dr d\varphi$ elemi erő hoz létre:

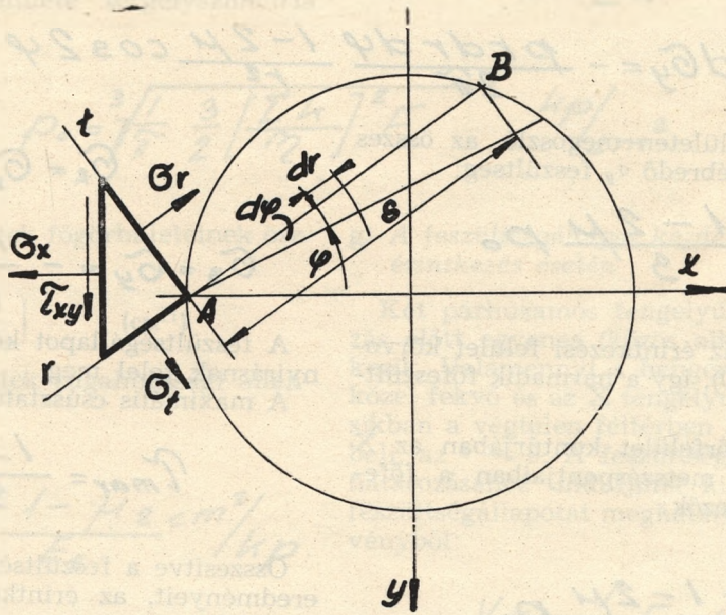
$$d\sigma_x = \frac{1-2\mu}{2\pi} \frac{p}{r} \cos 2\varphi dr d\varphi$$

A 13. ábra a nyomásfélgömbnek az érintkezői felületre merőleges és az $r dr d\varphi$ felületelemén átmenő sikkal való metszését mutatja.

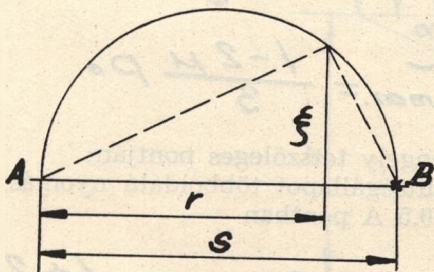
$$p = p_0 \frac{\xi}{a} \quad \xi = \sqrt{r(s-r)}$$

$$\sigma_x = \frac{1-2\mu}{2\pi} \frac{p_0}{a} \int_{-\pi/2}^{\pi/2} \int_0^s \frac{\sqrt{s-r}}{r} \cos 2\varphi dr d\varphi$$

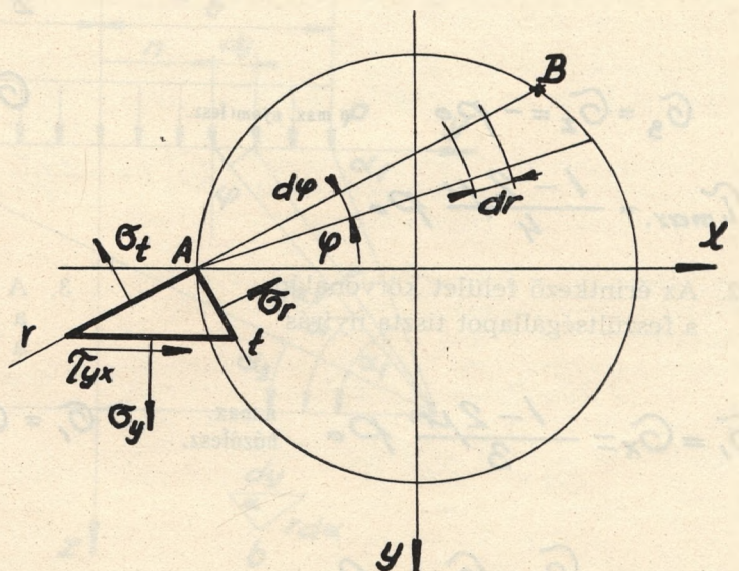
$$\bar{\tau}_{xy} = \frac{p_0}{2} (1 - 2\mu) \int_{-\pi/2}^{\pi/2} \sin 2\varphi \cos \varphi \, d\varphi = 0$$



12a.



13a.



14a.

A kvadraturák elvégzése után:

$$\sigma_x = \frac{1-2\mu}{3} p_0$$

A σ_x húzófeszültség.

Az elemi haság egyensúlyi feltételeiből (14. á.) a σ_y feszültség:

$$\sigma_y = \frac{1}{2} (\sigma_r + \sigma_t) - \frac{1}{2} (\sigma_r - \sigma_t) \cos 2\varphi$$

A σ_y feszültségösszetevője, amely a $prdrd\varphi$ elemi erő hatására ébred

$$d\sigma_y = - \frac{prdrd\varphi}{2\pi r^2} \frac{1-2\mu}{r^2} \cos 2\varphi$$

Az érintkezési felületen megoszló, az összes elemi erő hatására ébredő σ_y feszültség:

$$\sigma_y = - \frac{1-2\mu}{3} p_0$$

$$\sigma_z = \sigma_r = 0$$

$$\sigma_3 = \sigma_y = - \frac{1-2\mu}{3} p_0$$

A vizsgált pont az érintkezési felület körvonalán fekszik ($Z = 0$), így a harmadik főfeszültség a $\sigma_z = 0$.

A feszültségállapot kéttengelyű, ami a tiszta nyírásnak felel meg.

A maximális csúsztatófeszültség:

$$\tau_{max} = \frac{1-2\mu}{3} p_0$$

Az érintkezési körfelület kontúrjában az X tengellyel alkotott metszéspontjaiban a főfeszültségek a következők:

$$\sigma_1 = \sigma_x = \frac{1-2\mu}{3} p_0$$

Összesítve a feszültségi állapot vizsgálatának eredményeit, az érintkező körfelület jellemző pontjaiban.

1. Az érintkezési felület középpontjában: a feszültségállapot többoldalú nyomás

$$\sigma_1 = \sigma_2 = \sigma_x = \sigma_y = - \frac{1+2\mu}{2} p_0$$

$$\sigma_3 = \sigma_z = -p_0 \quad \text{a max. nyomfesz.}$$

$$\sigma_3 = \sigma_y = - \frac{1-2\mu}{3} p_0$$

$$\tau_{max} = \frac{1-2\mu}{4} p_0$$

$$\tau_{max} = \frac{1-2\mu}{3} p_0$$

2. Az érintkező felület körvonalán: a feszültségállapot tiszta nyírás

3. A Z tengely tetszőleges pontján: a feszültségállapot többoldalú nyomás. a $Z = 0,5 A$ pontban

$$\sigma_1 = \sigma_x = \frac{1-2\mu}{3} p_0 \quad \text{a max. húzófesz.}$$

$$\sigma_1 = \sigma_2 = \sigma_x = \sigma_y = -p_0 \frac{1+2\mu}{2}$$

$$\sigma_3 = \sigma_z = 0$$

$$\sigma_3 = \sigma_z = - \frac{4}{5} p_0$$

$$r_{max}^{legn.} = \frac{1}{2} p_0 \left[(1+\mu) - \frac{\sigma}{\gamma} - \frac{1+\mu}{2} \arctg 2 \right]$$

a maximális csúsztató feszültség legnagyobb értéke.

esetén körfelületté fajul. A körfelület sugara és a legnagyobb nyomófeszültség meghatározható. Köralakú érintkezési felület:

f) Az érintkező testek érintkezési felületének méretei

Az egymással terhelés alatt érintkező testek elliptikus érintkezési felülete tergelyszimmetria

$$a = \sqrt[3]{\frac{3}{2} \frac{\eta F}{\Sigma k}} \quad \text{cm}$$

$$p_0 = \sqrt[3]{\frac{1}{\pi} \frac{3}{2} \left[\frac{\Sigma k}{\eta} \right]^2 F} \quad \text{kp/cm}^2$$

ahol Σk az érintkező testek főgörbületeinek összege

$$\Sigma k = 2 \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) \quad (\text{cm}^{-1})$$

és az η az érintkező testek rugalmassági állandója.

g) A feszültségállapot kezdeti vonalmenti érintkezés esetén

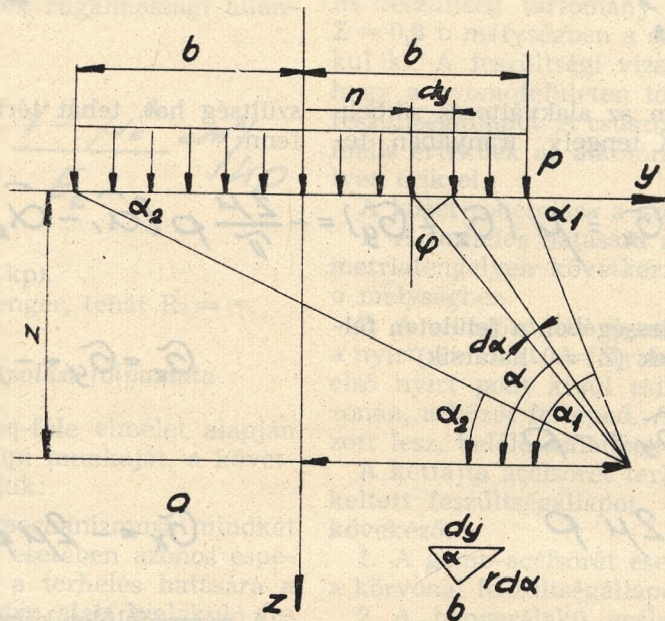
Két párhuzamos tengelyű, henger alakváltozás előtt egyenes (közös alkotó) mentén érintkeznek. Valamennyi a henger alapjához nem túl közel fekvő és az X tengelyre merőleges (15. á.) síkban a végtelen féltérben az alakváltozás síkbeli, az $\varepsilon = 0$. A feszültségkomponensek meghatározásához induljunk ki a végtelen féltér feszültségállapotát meghatározó feszültség függvényből:

$$\eta = \frac{1 - \mu_1^2}{E_1} + \frac{1 - \mu_2^2}{E_2} \quad \text{cm}^2/\text{kp}$$

$$V = - \frac{1}{\pi} F r \varphi \sin \varphi$$

F a testeket összenyomó erő (kp).

A sík végtelen sugarú gömb, tehát $R_2 = \infty$.



15. a.

Határozzuk meg a radiális feszültség Boussinesq-féle egyenletét:

$$\sigma_r = \frac{1}{r} \frac{\partial v}{\partial r} + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 v}{\partial \varphi^2} = -\frac{2}{\pi} \frac{F}{r} \cos \varphi$$

A nyomófelület alatti igénybevétel meghatározásához vegyük figyelembe a következőket. A Z tengelytől tetszőleges n távolságra lévő végtelen kicsi erő $dF = p dy$ (15/b. á.) a nyomófelület alatti valamely A pontban a következő sugárirányú feszültséget okozza ($\varphi = 90^\circ - \alpha$):

mivel a $dy = \frac{r d\alpha}{\sin \alpha}$ (15/b. á.)

$$d\sigma_r = -\frac{2}{\pi} p d\alpha$$

$$d\sigma_r = -\frac{2}{\pi} \frac{p dy}{r} \sin \alpha$$

A feszültségekörből a Z irányba és Y irányba eső feszültségek a következők:

$$d\sigma_y = d\sigma_r \cos^2 \alpha = -\frac{2}{\pi} p \cos^2 \alpha d\alpha$$

$$d\sigma_z = d\sigma_r \sin^2 \alpha = -\frac{2}{\pi} p \sin^2 \alpha d\alpha$$

Ha egyenletes terhelés mellett α_1 -től α_2 -ig integrálunk, a feszültségekre a következőket kapjuk:

$$\sigma_z = -\frac{2}{\pi} p \int_{\alpha_1}^{\alpha_2} \sin^2 \alpha d\alpha = -\frac{p}{\pi} \left[\alpha_1 - \alpha_2 - \frac{\sin 2\alpha_1 - \sin 2\alpha_2}{2} \right]$$

$$\sigma_y = -\frac{2}{\pi} p \int_{\alpha_1}^{\alpha_2} \cos^2 \alpha d\alpha = -\frac{p}{\pi} \left[\alpha_1 - \alpha_2 + \frac{\sin 2\alpha_1 - \sin 2\alpha_2}{2} \right]$$

A végtelen féltérben az alakváltozás síkbeli, szültség hat, tehát térbeli feszültségállapot áll mert $E = 0$, de az X tengely irányában fenn:

$$\sigma_x = \mu (\sigma_z + \sigma_y) = -\frac{2\mu}{\pi} p [\alpha_1 - \alpha_2]$$

A nyomófelület szélességében a felületen fel-lépő normál feszültségek ($Z = 0$ határsík)

$$\sigma_z = \sigma_y = -p \sqrt{1 - \frac{y^2}{b^2}}$$

$$\sigma_z = \sigma_y = -p$$

$$\sigma_x = -2\mu p$$

$$\sigma_x = -2\mu p \sqrt{1 - \frac{y^2}{b^2}}$$

Ha a $p = p_0 \sqrt{1 - \frac{y^2}{b^2}}$ nyomáelosztást helyettesítjük, akkor:

A nyomófelület körvonalán, ahol $y = b$ minden normál feszültség zéró, míg az $y = 0$ helyzetben az alkotón maximális.

$$\sigma_z = \sigma_y = -p_0$$

$$\sigma_x = -2\mu p_0$$

Az érintőleges feszültségek a körvonalon szintén zérók, és az alkotón maximális értékűek. A törésveszély a szimetriatengelyen a legnagyobb a $Z = 0,8$ b mélységben, ahol:

$$\tau_{max}^{legn} = (1 - 2\mu) p_0$$

h) Az érintkező testek érintkezési felületének méretei

Két henger érintkezése esetén (hossztengelyeik párhuzamosak) a körvonal ellipszis fél nagytengelye végtelenné válik, a b kistengely pedig az érintkezési sáv fél szélessége.

$$b = \sqrt{\frac{4}{\pi} \frac{m q}{\Sigma k}} \quad \text{cm}$$

$$p_0 = \sqrt{\frac{1}{\pi} \frac{\Sigma k}{m} q} \quad \text{kp/cm}^2$$

ahol Σk az érintkező testek főgörbületeinek összege

$$\Sigma k = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \quad (\text{cm}^{-1})$$

és a m az érintkező testek rugalmassági állandója.

$$m = \frac{1 - \mu_1^2}{E_1} + \frac{1 - \mu_2^2}{E_2} \quad \text{cm}^2/\text{kp}$$

q a fajlagos nyomás (cm/kp).

A sík végtelen sugarú henger, tehát $R_2 = \infty$.

2. Az acélsörét közetroncsolási folyamata

H. Hertz és Boussinesq-féle elmélet alapján vizsgálva az acélsörét talpi munkáját, a következő megállapítása tehetjük:

a) A közetroncsolás mechanizmusa mindkét (gömb, henger) acélsörét esetében azonos és pedig azon alapszik, hogy a terhelés hatására a közetbe nyomódó sörétszem alatt kialakuló feszültségállapot a meghatározója a közetbontásnak.

b) A kialakult alakváltozási állapot nem ugyanaz mindkét sörét esetében, ezért a közetbontó képesség intenzitásában különbség van a két acélsörét között. Éppen ezért, a feszültségállapot ismeretében vizsgáljuk meg a gömb- és henger alakú acélsörét talpi munkáját.

Gömbacél sörét:

A terhelés hatására sörétszemcse alatt a közet tömörödik, mivel a sörét benyomódik a közetbe. Az „a” sugarú nyomófelület alatt a közetben nyomófeszültség, míg a körvonalon kívül húzófeszültség lép fel. A levezetések azt mutatták, hogy a legnagyobb nyomás a nyomófelület középpontjában van. A legnagyobb csúsztató feszültség a szimetria tengelyen alakul ki $Z = 0,5$ a mélységben. A közet benyomódásakor a mélységben plasztikus folyás lép fel, és ezt követi a közet megrepedése (széttörése).

A sörétszem a korona talpa alatt gördülő mozgást végez, és így, a fúrólyuk-talp különböző pontjaiban alakulnak ki feszültségmaximumok.

1. A kezdeti helyzetben a sörétszemcse alatt a szimetriatengelyen következik be a közet nyírása, folyáshatárának túllépése, ami a közet törését okozza.

2. A jobbra gördülés után törések egymás mellett jönnek létre, amíg az első törés a nyomott zónában van, addig a repedés zárt a felszín felé.

3. A tovagördülés során, amikor az első törés kívül esik a nagy nyomószilárdságú zónán, a közet rugalmassága a repedést továbbviszi, a húzó igénybevétel során létrejött szakadás következtében a felszínre.

Hengeralakú acélsörét:

A legnagyobb nyomás az érintkezési vonalon a nyomófelület középvonalán van és a maximális feszültség tartomány a nyomófelület alatt $Z = 0,8$ b mélységben a szimetriatengelyen alakul ki. A feszültségi vizsgálatok azt mutatták, hogy a nyomófelületen többtengelyű nyomás a feszültségállapot. A csúsztató feszültségek maximális értékűek az alkotón, és a szimetriatengelyen érik el.

A közet roncsolása a következőképp történik:

1. A terhelés hatására a közet nyírása a szimetriatengelyen következik be, először $Z = 0,8$ o mélységben.

2. A tovagördülés egymás mellett hozza létre a nyírt pontokat. A folyamat mentén, amikor az első nyírt pont kívül esik a nyomófeszültségi zónán, a közet felreped. A közetfelület hasadozott lesz, belőle szilánkok távoznak el.

A kétfajta acélsörét terhelés közvetítése által keltett feszültségállapot közötti különbség a következő:

1. A gömb-acélsörét esetén a nyomófelületen a körvonal feszültségállapota nyírás.

2. A hengeralakú acélsörét esetén többtengelyű nyomás a feszültségállapot az érintkezési alkotón, míg a körvonal terheletlen.

3. A kőzet ellenállása a nyírással szemben lényegesen kisebb, mint a nyomással, és így a kőzet roncsolása intenzívebb.

A fentiek figyelembevételével megállapíthatjuk azt, hogy azonos rezisztényezőők mellett a gömbacélsörét kőzetroncsolási mechanizmusa intenzívebb.

FELHASZNÁLT IRODALOM

Folyóíratrészlet: A kőzetroncsolás jellege és mechanizmusa a fűrési sörétek behatása alatt. *Revista Minclor* 126—134 o. Bukarest 1956. III.

Könyvrészlet: *Bányászati Kézikönyv* III. kötet 458—494 o.

Dr. Richter Rihárd: Kőzetmechanika.

Dr. Kézi Árpád: Talajmechanika I.

ten Bosch: Gépelemek.

Sz. D. *Ponomarjov*: Szilárdsági számítások a gépészetben III. 6. fejezet.

Mező, P.:

DER GESTEINSZERSTÖENDE MACHANIZMUS DES BOHRSCROTOTES

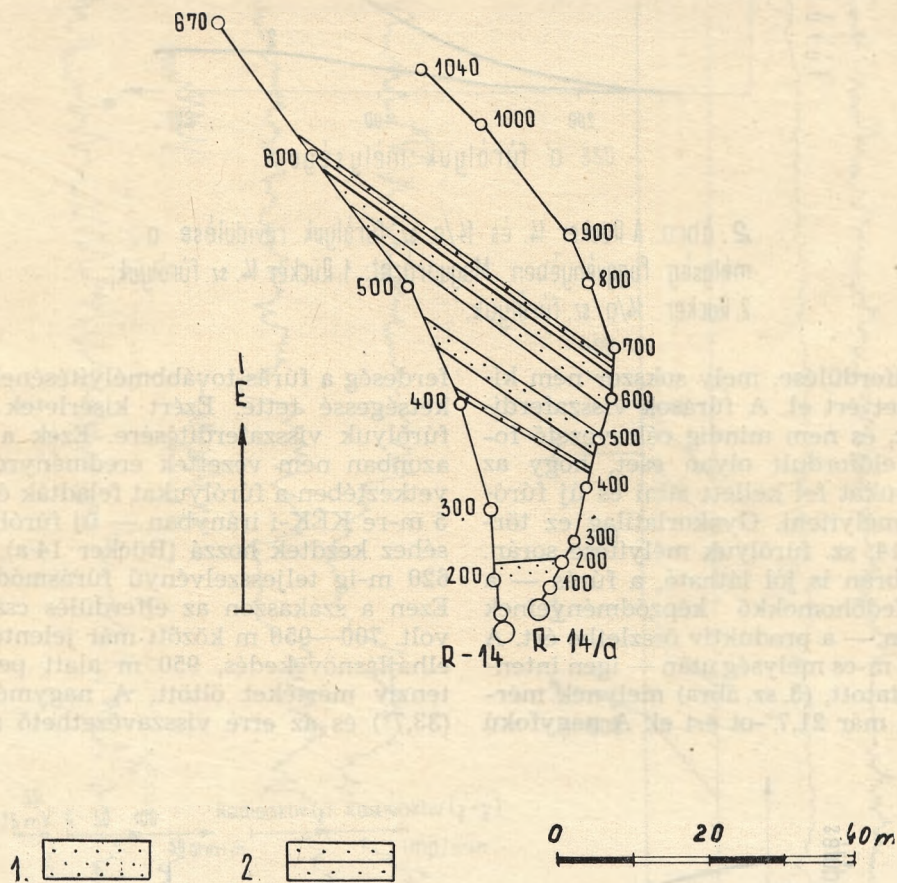
Der Verfasser beschreibt den gesteinszerstörenden Prozess des Gusseisenschrotes und des Stahlschrotes. Er prüft die Hypothesen von verschiedenen Theorien bezüglich der Sohlenarbeit des Schrotes. Er beweist, dass der gesteinszerstörende Prozess der beiden Schrotarten grundlegend verschieden ist. Der Verfasser analysiert die Sohlenarbeit des Stahlschrotes bei Kugelschrot und Zylinderschrotauf Grund der Untersuchung des Spannungszustandes, der durch die im elastischen Halbraum konzentrierten Kraft entsteht. In Kenntnis des Spannungszustandes macht er Feststellungen in Bezug auf die Gesteinszerstörung.

Orientált rétegdőlés analitikai módszerekkel való meghatározása a Rücker 14 és 14a sz. fúrás adatai alapján*

Írta: Kovács Endre

Az elferdült kutatófúrások értékelésével, minősítésével kapcsolatban meglehetősen eltérő vélemények alakultak ki, melyek közül elsősor-

követelmények nem teljesülnek, hivatalból sejtnek minősülnek. Ez a tény a köztudatban általában úgy jelentkezik, hogy ezek a fúrások



1. ábra. A Rücker-14. és 14/a. számú fúróluk és a főbb azonosított rétegek horizontális vetülete és egymáshoz viszonyított helyzetük

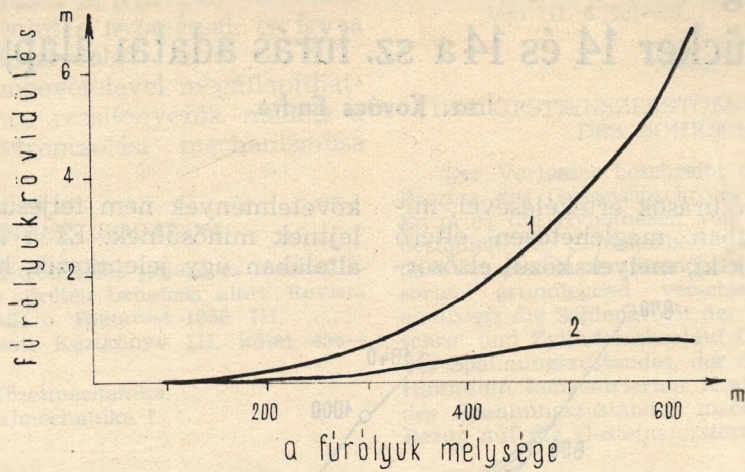
1. homokkő, 2. uralkodóan homokkövekből álló összlet

ban a hivatalos álláspontot (1) említhetnénk. Eszerint azok a fúrások, amelyeknél az előírt

teljesen értéktelenek, semmire sem használhatók. Valójában nem egészen ez a helyzet, amit egy konkrét példán keresztül kívánok bizonyítani.

* A Magyarhoni Földtani Társulat Dél-dunántúli Területi Szakosztálya 1969. május 22-i szakülésén elhangzott előadás.

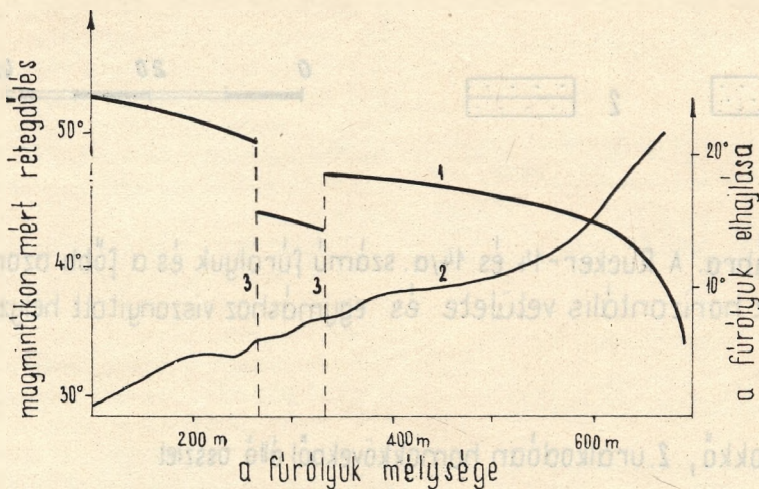
Köztudott, hogy a Mecsek-hegység területén mélyült fúrások esetében gyakori jelenség volt



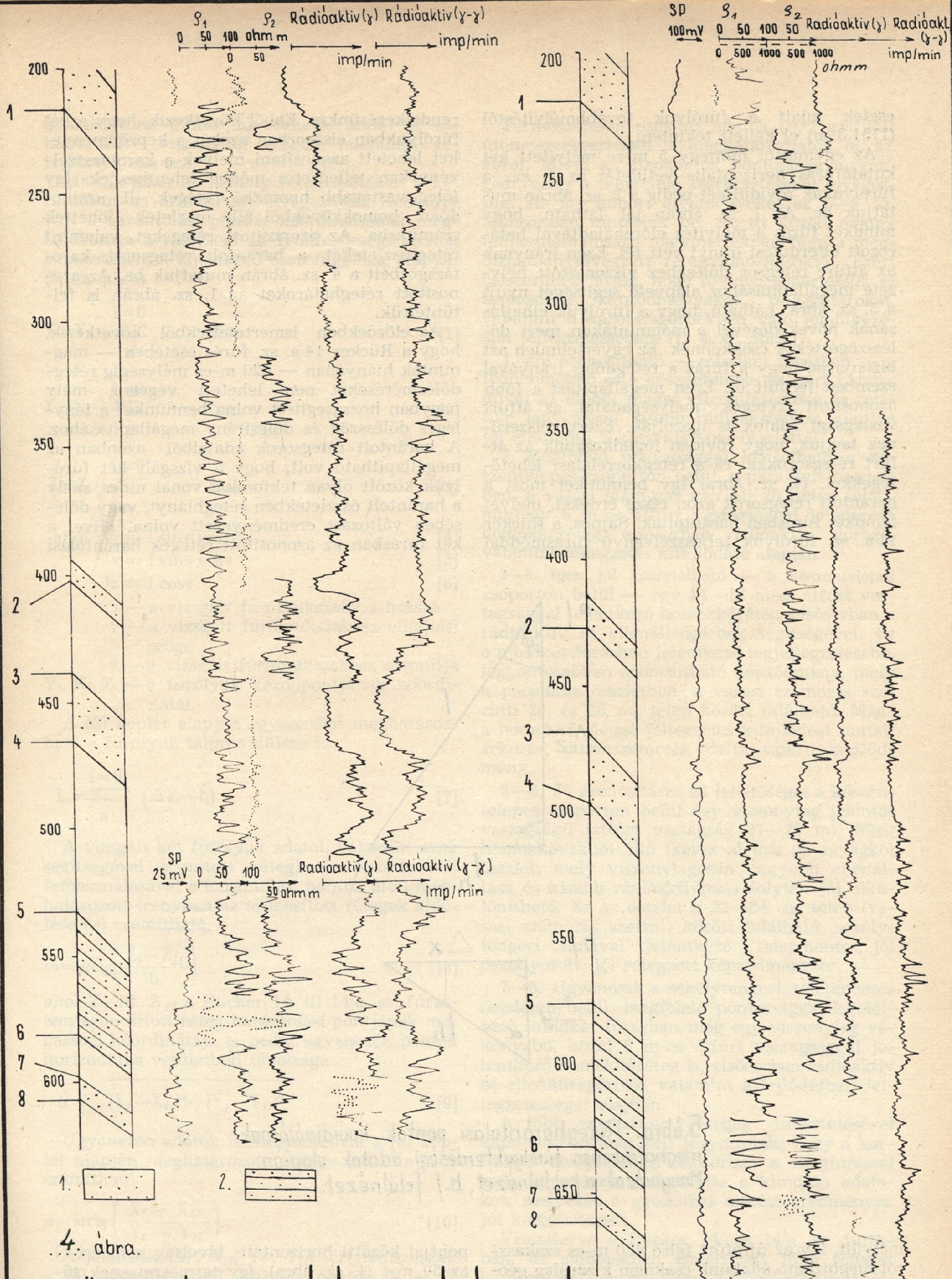
2. ábra. A Rücker 14. és 14/a sz. fűrőlyuk rövidülése a mélység függvényében. Magyarázat: 1. Rücker 14. sz. fűrőlyuk; 2. Rücker 14/a sz. fűrőlyuk.

a fűrőlyukak elferdülése, mely sokszor nem kívánatos mértéket ért el. A fúrások visszaferdítése igen nehéz, és nem mindig célravezető folyamat. Ezért előfordult olyan eset, hogy az elferdült fűrőlyukat fel kellett adni és új fűrőlyukat kellett mélyíteni. Gyakorlatilag ez történt a Rücker 14. sz. fűrőlyuk mélyítése során. Mint a 4. sz. ábrán is jól látható, a fúrás — a fedőmárga és fedőhomokkő képződményeinek harántolása után — a produktív összletbe ért. A fűrőlyuk — 100 m-es mélység után — igen intenzív elhajlást mutatott, (3. sz. ábra) melynek mértéke 670 m-ben már $21,7^\circ$ -ot ért el. A nagyfokú

ferdeség a fúrás továbbmélyítésének lehetőségét kétségessé tette. Ezért kísérletek történtek a fűrőlyuk visszaferdítésére. Ezek a munkálatok azonban nem vezettek eredményre. Ennek következtében a fűrőlyukat feladták és — mintegy 5 m-re KÉK-i irányban — új fűrőlyuk mélyítéséhez kezdtek hozzá (Rücker 14/a). Az új fúrás 620 m-ig teljesszelvényű fúrás móddal mélyült. Ezen a szakaszon az elferdülés csak minimális volt. 700—950 m között már jelentősebb volt az elhajlásnövekedés, 950 m alatt pedig igen intenzív mértéket öltött. A nagymérvű elhajlás ($33,7^\circ$) és az erre visszavezethető műszaki bal-



3. ábra. A Rücker 14. sz. fúrásban mért rétegdőlésszög-értékek és a fűrőlyuk elhajlásának változása a mélység függvényében. Magyarázat: 1. Átlagos rétegdőlésszög; 2. Fűrőlyukelhajlás szöge; 3. Tektonikai vonal.



4. ábra.

A RÜCKER 14 és 14/a SZ. FURÁS KORRELÁCIÓS SZELVÉNYE.

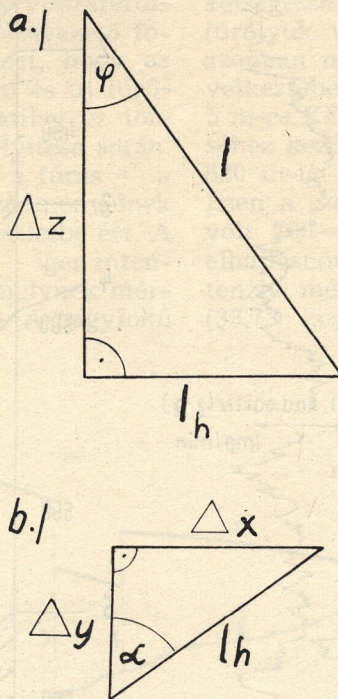
- Jelmagyarázat: 1. homokkő
 2. uralkodóan homokkövekből álló összlet
 3. 1-8 azonosított főbb réteghatárok

esetek miatt a fúrólyuk továbbmélyítéstől (1151,5 m) el kellett tekinteni.

Az egymástól mintegy 5 m-re mélyített két kutatófúrás horizontális vetületét az 1. sz., a fúrólyukak rövidülését pedig a 2. sz. ábrán mutatjuk be. Az 1. sz. ábrán jól látható, hogy mindkét fúrás a mélyítés előrehaladtával határozott elferdülési irányt vett fel. Ezen iránynak az átfúrt rétegsor dőléséhez viszonyított helyzete megállapításához alapvető segítséget nyújt a 3. sz. ábra. Látható, hogy a fúrólyuk elhajlásának növekedésével a magmintákon mért dőlésszögértékek csökkennek. Ez egyértelműen azt bizonyítja, hogy a fúrás a rétegdőlés irányával szemben ferdült el. Ezen megállapítást a főbb azonosított rétegek mélységadatai, az átfúrt vastagsági adatok is igazolják. Ezért célszerűnek tartjuk, hogy röviden foglalkozzunk az átfúrt rétegsorokkal és a réteghorizontálalási lehetőségekkel. (4. sz. ábra) Így bennünket most a harántolt rétegsorok azon része érdekel, melyet mindkét fúrásban harántoltak. Sajnos, a Rucker 14/a. sz. fúrólyuk teljesszelvényű fúrás móddal

rendelkezésünkre. Ebből következik, hogy a két fúrólyukban elsősorban azokat a képződményeket lehetett azonosítani, melyek a karotázsszelvényeken jellegzetes módon jelentkeznek. Így főleg vastagabb homokkő rétegek, ill. uralkodóan homokkövekből álló összletek jöhetnek számításba. Az azonosított rétegeket, valamint réteghorizontálalásokat, a harántolt rétegsorok karotázsgörbéit a 4. sz. ábrán mutatjuk be. Az azonosított réteghorizontálalásokat az 1. sz. ábrán is feltüntettük.

Az előzőekben ismertetettekéből következik, hogy a Rucker 14/a. sz. fúrás esetében — magminták hiányában — 620 m-es mélységig rétegdőlésméréseket nem lehetett végezni, mely nagyban hozzásegített volna bennünket a tényleges dőlésszög és dőlésirány megállapításához. A harántolt rétegsorok adataiból azonban az megállapítható volt, hogy a vizsgált két fúrólyuk között olyan tektonikai vonal nincs, mely a harántolt összletekben réteghorizontálalást, vagy dőlésében változást eredményezett volna. Mivel a két fúrásban az azonosított rétegek harántolási



5. ábra. Réteghorizontálalási pontok koordinátóinak meghatározása fúrólyukferdeségi adatok alapján.
Magyarázat: a./ oldalnézet, b./ felülnézet.

mélyült, így az újrafúrt felső 620 m-es szakaszból megbízható adataink csaknem kizárólag geofizikai vizsgálatok eredményeképpen állnak

pontjai közötti horizontális távolság nem éri el az 50 m-t (1. sz. ábra), így természetesnek tűnik, hogy a rétegek dőlése ezen szakaszon belül

gyakorlatilag azonosnak vehető, annál is inkább, mivel viszonylag nyugodt településű rétegsorról van szó.

Miután sikerült néhány réteg esetében a két fúrásban az azonosítást elvégeznünk, lehetővé vált a harántolási pontok koordinátáinak meghatározása a mélységi és lyukferdeségi adatok ismeretében, a következő összefüggések alapján (5. sz. ábra).

$$Y = Y_I + \sum_{i=0}^n \Delta y_i \quad [1]$$

$$X = X_I + \sum_{i=0}^n \Delta x_i \quad [2]$$

$$Z = Z_I + \sum_{i=0}^n \Delta z_i \quad [3]$$

$$\text{ahol } \Delta y = l \sin \varphi \cos \alpha \quad [4]$$

$$\Delta x = l \sin \varphi \sin \alpha \quad [5]$$

$$\Delta z = l \cos \varphi \quad [6]$$

l — a vizsgált fúrólyukszakasz hossza

φ — a vizsgált fúrólyukszakasz elhajlási szöge

α — a vizsgált fúrólyukszakasz azimútja

Y_I, X_I, Z_I — a fúrólyuk kezdőpontjának koordinátái.

A [3] képlet alapján egyszerűen meghatározható a fúrólyuk talprövidülése is.

$$L_i = \sum_{i=0}^n (\Delta z_i - l_i) \quad [7]$$

A vizsgált két fúrólyuk adatai, valamint azok segítségével számított réteghatár koordináták felhasználásával a harántolási pontok által meghatározott irányban az azonosított rétegek áldölése (ω) számítható.

$$\omega = \arctg \left(\frac{Z_I - Z_{II}}{t_h} \right) \quad [8]$$

ahol Z_I ill. Z_{II} a Rucker 14. ill 14/a. sz. fúrásban azonosított réteg harántolási pontjának magassági koordinátája t_h pedig ugyanezen pontok horizontális vetületbeli távolsága

$$t_h = \sqrt{(X_I - X_{II})^2 + (Y_I - Y_{II})^2} \quad [9]$$

Ugyanezen adatok felhasználásával a [8] képlet alapján meghatározott áldölés (ω) iránya is számítható

$$\alpha = \arctg \left(\frac{X_I - X_{II}}{Y_I - Y_{II}} \right) \quad [10]$$

A jelölések (X_I, X_{II}, Y_I, Y_{II}) értelemszerűen a [8] összefüggésnél említett pontok X és Y koordinátáit jelentik.

Természetesen ezek az adatok (ω, α) grafikus úton, szerkesztéssel is meghatározhatók (6. sz. ábra). Mivel az alapadatok pontossága megengedi, ezért a megfelelő szerkesztéseket elvégeztük. Az így kapott eredményeket az 1—3. sz. táblázatban mutatjuk be. Az itt közölt adatok felhasználhatósága nagymértékben függ a megbízhatóan elvégzett rétegazosításoktól. Ezért célszerűnek látjuk, hogy röviden ismertessük az azonosított képződményeket, réteghatárokat, valamint a karotázsgörbékben való jelentkezésük jellegzetességeit. (L. 4. sz. ábra.)

1. Jól azonosítható — mindkét fúrásban — a fedőhomokkő és a kőszéntelepes csoport határa, mivel az előbbi magas ellenállásértéke és relatíve lényegesen kisebb rádióaktivitása alapján jól elkülönül a kőszéntelepes összetlettől.

2. Megfelelő pontossággal kijelölhető a kőszéntelepes csoporton belül, a paralikus összetletben, a vasasi számozás szerinti 26. telep fölött, mintegy 6 m-es átfúrt vastagsággal jelentkező homokkőréteg, elsősorban rádióaktív görbék, valamint jellegzetes kifejlődése alapján.

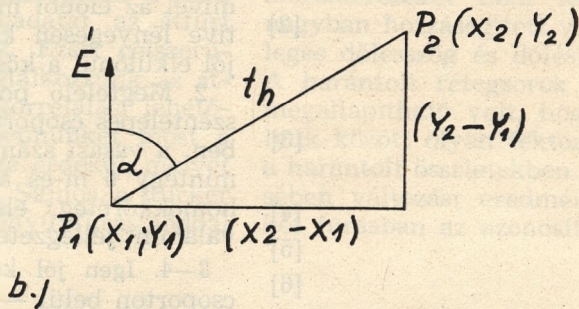
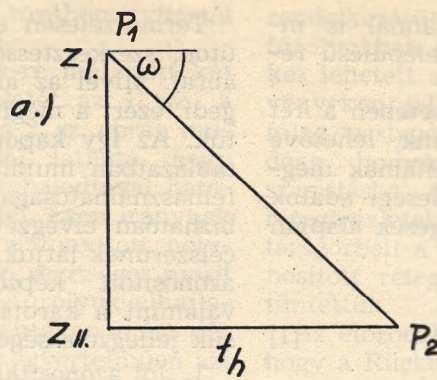
3—4. Igen jól korrelálható — a kőszéntelepes csoporton belül — egy 14—16 m-es átfúrt vastagsággal jelentkező homokkőréteg, elsősorban a rádióaktív és ellenállásgörbék segítségével. Ez a mindkét fúrásban jelentkező legjellegzetesebb, legpontosabban azonosítható képződmény, mely a paralikus összetletben, a vasasi számozás szerinti 25. és 26. sz. telep között található. Maga a homokkő eléggé jellegzetes kifejlődést mutat: arkózás, durvaszemcsés, delta típusú képződmény.

5—6. Jó azonosításra ad lehetőséget a kőszéntelepes csoporton belül egy viszonylag jelentős vastagságú (átfúrt vastagság 27—28 m), főleg homokkövekből álló (kevés aleurit és agyagkő) összetlet, mely viszonylagosan nagyobb ellenállása és kisebb rádióaktivitása folytán jól elkülöníthető. Ez az összetlet a 22—24. sz. telep (vasasi számozás szerint) között található, sekélytengeri faunával jelentkező, telepmentes, jól osztályozott, jól rétegzett képződménysor.

7—8. Ugyancsak a sekélytengeri, telepmentes összetleten belül, megfelelő pontossággal kijelölhető mindkét fúrásban még egy viszonylag vékonyabb, közel 8 m-es átfúrt vastagsággal jelentkező homokkőréteg is, elsősorban rádióaktív és ellenállásgörbék, valamint kifejlődésbeli jellegzetességei alapján.

A főbb azonosított rétegek ismertetésével kapcsolatban meg kell jegyeznünk, hogy a korreláció elvégzéséhez elsősorban a magfúrással mélyült szakasz szolgáltatotta a kiinduló adatokat, melyeket a geofizikai mérési eredmények jól kiegészítettek.

Visszatérve a Rucker 14. és 14/a. sz. fúrásban, az előbbieken ismertetett főbb rétegek harántolási pontjai alapján meghatározott áldölésszög értékekre (3. sz. táblázat), láthatjuk,



6. ábra. Áldölésszög meghatározása rétegharántolási pontok koordinátái alapján.

Magyarázat: a.) vertikális sík, b.) horizontális sík.

hogy a szerkesztett és számított áldölési adataink közel azonos azimuttal jellemezhetők. Így a tényleges dőlésadatok meghatározásához más, eltérő irányban jelentkező dölési értékek kiszámítására, ill. szerkesztéssel való meghatározására is szükség volt. Erre kiváló lehetőséget biztosítottak az eltérő irányban, különböző hajlásszög alatt harántolt rétegek vastagsági adatai.

Mint az 1. és 2. sz. ábrából kitűnik, a Rucker 14/a. sz. kutatófúrás gyakorlatilag csaknem függőleges és kis elhanyagolással annak is fogható fel, elsősorban a vizsgált szakasz felső részén. Ezen kismérvű elhanyagolás esetén egy adott rétegnek a Rucker 14. sz. fúróluk horizontális vetületén való jelentkezési pontjában a fúrás elferdülési iránya adja annak a függőleges síknak az irányát, mely mentén jelentkező áldölésszög a következő összefüggés felhasználásával meghatározható (7. sz. ábra).

$$\omega = \arctg \left(\frac{l_v - l \cos \varphi}{l \sin \varphi} \right) \quad [11]$$

Hasonló jellegű számítások, ill. szerkesztések végezhetők nemcsak az azonosított rétegek, hanem az azok között lévő összletek átfúrt vastagsága alapján, ha ezen szakaszon belül sincs tek-

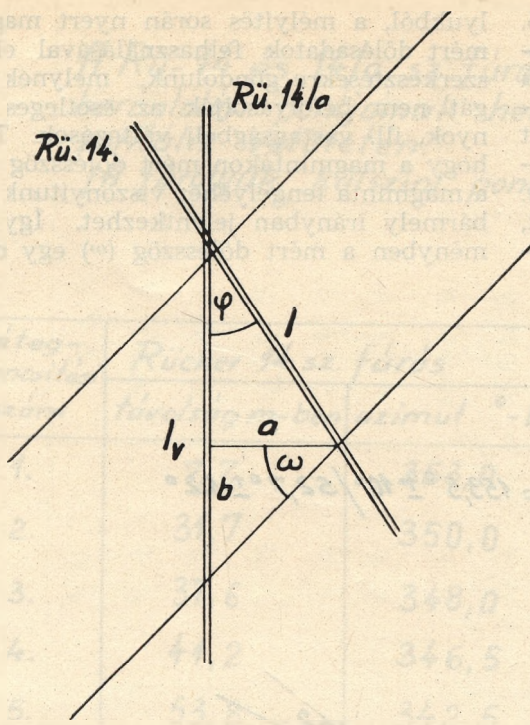
tonikai okokra visszavezethető réteghiány. Ezek figyelembevételével a 4. sz. táblázatban közöljük a vizsgálat tárgyát képező két fúrólukban kimutatott vastagsági értékek felhasználásával számított áldölési értékeket.

Amennyiben mindkét vizsgált fúrás elferdült és az elhajlás oly mértékű, hogy az nem hanyagolható el, akkor azonos elferdülési irány mellett az áldölésszög az alábbi összefüggés segítségével számítható (8. sz. ábra).

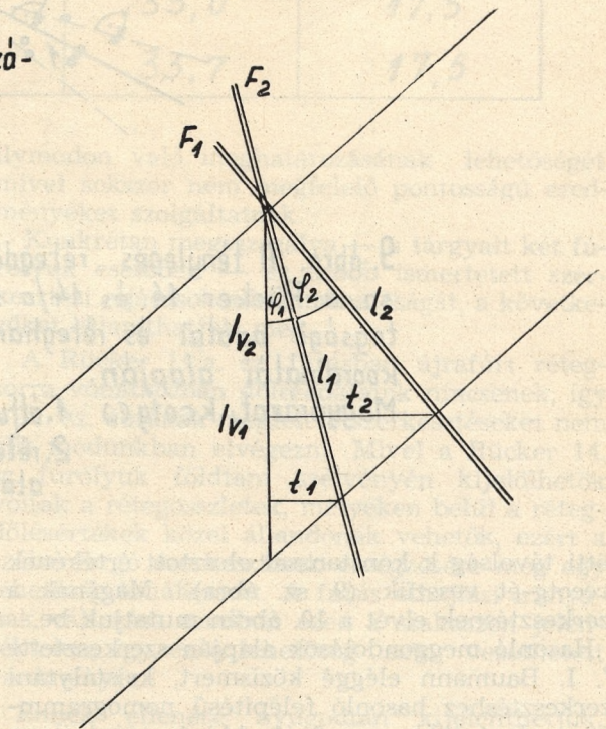
$$\omega = \arctg \left(\frac{l_1 \cos \varphi_1 - l_2 \cos \varphi_2}{l_2 \sin \varphi_2 - l_1 \sin \varphi_1} \right) \quad [12]$$

Lényegesen összetettebb feladattal állunk szemben akkor, amikor mindkét fúróluk elferdült és elhajlási irányuk ugyanazon réteg harántolása során eltérő. Ebben az esetben célszerűbb az azonosított rétegek harántolási pontjainak koordinátáit felhasználni a szükséges számítások elvégzéséhez.

Az előzőekben már ismertetett módon, vagyis a rétegharántolási pontok koordinátái, valamint az átfúrt vastagsági értékek segítségével meghatározott áldölési értékek alapján már számítható a tényleges rétegdőlés. Ennek meghatározása azonban szerkesztéssel sokkal egyszerű-



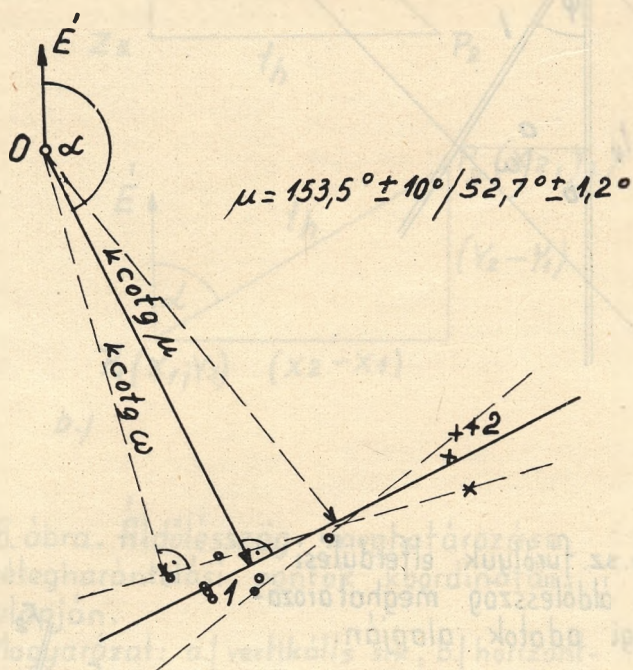
7. ábra. A Rucker 14. sz. fűrőlyuk elferdülési síkjában jelentkező áldölésszög meghatározása átfurt vastagsági adatok alapján.



8. ábra. A fűrőlyukak közös elferdülési síkjában jelentkező áldölésszög meghatározása átfurt vastagsági adatok alapján.

ben és elfogadható pontossággal elvégezhető. Maga a szerkesztés abból áll, hogy a kapott áldőlési adatoknak megfelelő $K \cotg \omega$ hosszúságú vektorokat rajzolunk, — ahol K a kívánt méretaránynak megfelelő, tetszőlegesen felvett konstans érték. Ezek burkológörbéjének kiegyenlítő egyenese adja a rétegek csapásirányát. A tényleges rétegdőlés szögét pedig úgy kapjuk, hogy a közös pont és a kiegyenlítő egyenes kö-

lyukból, a mélyítés során nyert magmintákon mért dőlés adatok felhasználásával elvégezhető szerkesztésekre gondolunk, melynek pontosságát nem befolyásolják az esetleges réteghiányok, ill. vastagságbeli változások. Tudvalévő, hogy a magmintákon mért dőlésszög — melyet a magminta tengelyéhez viszonyítunk — elvileg bármely irányban jelentkezhethet. Így végeredményben a mért dőlésszög (ω) egy dőléskúpot



9. ábra. A tényleges rétegdőlés meghatározása a Rücker 14. és 14/a sz. fúrás átfurtagtagsági adatai és rétegharántolási pontjainak koordinátái alapján.

Magyarozat: $k \cotg \omega$ 1. átfurtagtagsági adatok alapján
2. rétegharántolási pontok koordinátái alapján.

zötti távolság k konstanssal elosztott értékének arccotg -ét vesszük. (9. sz. ábra). Magának a szerkesztésnek elvét a 10. ábrán mutatjuk be.

Hasonló megfontolások alapján szerkesztette V. I. Baumann eléggé közismert, kristálytani szerkesztéshez hasonló felépítésű nomogramját, melyet több szerző (4, 14.) is ajánl ilyen jellegű feladatok egyszerűbb megoldása céljából.

Az eddig ismertetett számítási és szerkesztési eljárásokkal azonban még nem merültek ki azok a lehetőségek, amelyek közelebb visznek bennünket a tényleges dőlésszög és dőlésirány meghatározásához. Itt elsősorban a két fúró-

határoz meg, melynek tengelye a fúrólyuk tengelye által meghatározott, félnyílásszöge pedig ($90^\circ - \omega$). Ebből következik, hogy függőleges és ferdetengelyű dőléskúppal lehet dolgozunk.

Ha a két közeleső fúrásból nyert rétegdőlés adatok alapján, a fúrólyukak térbeli helyzetének (hajlásszög, elferdülési irány) figyelembevételével megszerkesztjük az azonos magasságú, közös csúcspontú dőléskúpokot, (11. sz. ábra) akkor meghatározhatjuk a tényleges dőlésszöget, ill. rétegdőlési irányt (azaz a közös érintő-sík hajlásszögét, ill. esésvonalát). Itt megjegyezzük, hogy két megoldás lehetséges, mely közül az egyik általában kiejthető, mivel az előzőek-

*A Rü-14 és 14/a sz. fúrásban azonosított rétegek harántolási pontjainak helyzete a fúróluk horizontális vetületén.
[A fúróluk külszíni pontjához viszonyított adatok].*

1.sz. táblázat.

Réteg- azonosítási szám	Rücker 14.sz. fúrás		Rücker 14/a sz. fúrás	
	távolság m-ben	azimut °-ban	távolság m-ben	azimut °-ban
1.	7,7	353,0	7,0	20,0
2.	31,7	350,0	19,2	20,0
3.	37,6	348,0	22,6	19,5
4.	41,2	346,5	24,1	19,5
5.	53,8	342,5	28,2	18,5
6.	65,1	339,5	32,0	18,0
7.	68,5	338,0	33,0	17,5
8.	70,3	338,0	33,7	17,5

ben már ismertetett módon megállapítható, hogy a fúróluk a rétegdőléssel szemben, vagy dőlésirányban ferült el (3. sz. ábra). A megoldás elve azonos, akár csak az egyik, akár mindkét fúrás elferdült. Amennyiben a vizsgált fúrólukak függőlegesek, ill. azonos elferdülési iránynyal és elhajlási szöggel jellemezhetők, úgy megoldás nincs, mivel a 11. sz. ábrának megfelelő dőlésű síkmetszetei egybeesnek.

A most fejtegetett gondolatok alapján kijelenthetjük, hogy kedvező esetben egyetlen elferdült fúrás rétegdőlésadatai is magukban hordják a tényleges rétegdőlés meghatározásának lehetőségét. Kedvező helyzet alatt az érthető, hogy ugyanazon fúróluk — egy azonos dőlésű rétegdőlés harántolása során — változtatja elferdülési irányát, esetleg még hajlásszögét is. A szerkesztések pontosságát kedvezően befolyásolja az elferdülési irány változásának mértéke. A 11. sz. ábrán bemutatott szerkesztési eljárás szerint meghatározott adatok megbízhatóságában komoly szerepet játszik a lyukferdeség; valamint a magmintákon észlelhető rétegdőlés mérésének pontossága, ill. ez utóbbi állandósága.

Az előzőekben ismertetett feltételek és a gyakran fellépő negatív tényezők azonban nagymértékben korlátozzák a tényleges rétegdőlés

ily módon való meghatározásának lehetőségét, mivel sokszor nem megfelelő pontosságú eredményeket szolgáltatnak.

Konkrétan megvizsgálva — a tárgyalt két fúróluk esetében — ez utóbbi ismertetett szerkesztési eljárások alkalmazhatóságát, a következőket állapíthatjuk meg.

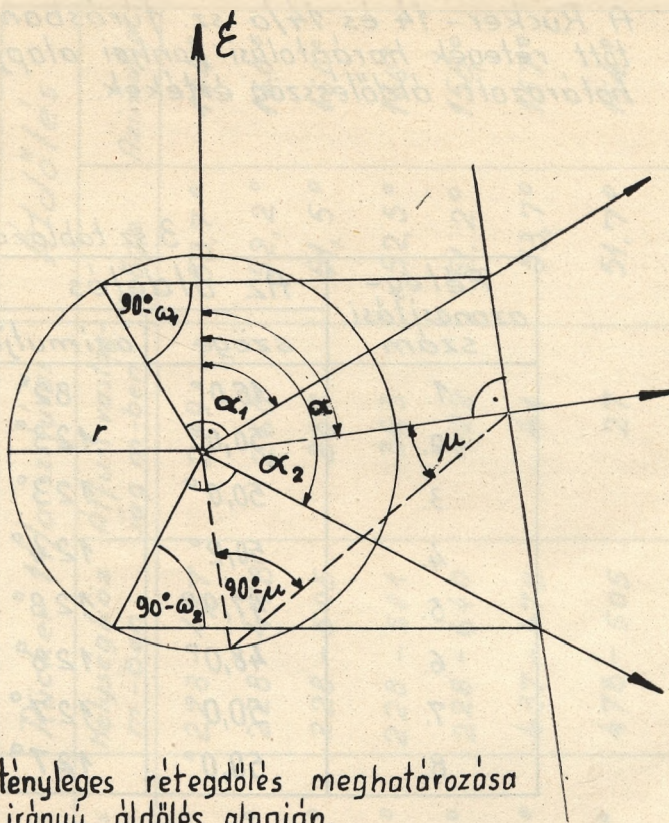
A Rücker 14/a. sz. fúrásban újrafúrt rétegsorra vonatkozóan dőlésadataink nincsenek, így a 11. sz. ábrának megfelelő szerkesztéseket nem állt módunkban elvégezni. Mivel a Rücker 14. sz. fúróluk földtani szelvényén kijelölhetők voltak a rétegdőlés adatok, melyeken belül a rétegdőlésértékek közel állandónak vehetők, ezért a szóbanforgó szerkesztések elvégzésére még egy lehetőség kínálkozott. A fúrás elhajlási irányának változása azonban ezen a szakaszon jelentéktelen, így ez a lehetőség sem vezethetett eredményre.

Ennek ellenére nyugodtan kijelenthetjük, hogy a bemutatott szerkesztési és számítási eljárások összességükben nem voltak hiábavalók, mivel a felmerült nehézségek és negatív tényezők sem képeztek olyan akadályt, mely lehetlenné tette volna a tényleges rétegdőlés megnyugtató módon történő meghatározását (9. sz. ábra). Maguknak az elvégzett vizsgálatoknak a jelentősége abban van, hogy sikerült kimutatni

A Rü-14. és 14/a. sz. fúrásban azonosított rétegek harántolási pontjainak mélységadatai.

2.sz. táblázat

Réteg- azonosi- tási szám	Rücker - 14. sz. fúrás		Rücker - 14/a. sz. fúrás		Tényleges mélységkülön- ség m-ben		
	fúrási mélység m-ben	talprövidülés m-ben	tényleges mélys. m-ben	fúrási mélység m-ben		talprövidülés m-ben	
1.	226,0	0,3	225,7	228,0	0,1	227,9	2,2
2.	414,5	1,9	412,6	437,0	0,5	436,5	23,9
3.	451,0	2,5	448,5	476,0	0,6	477,4	28,9
4.	475,0	2,8	472,2	505,0	0,7	504,3	32,1
5.	545,0	4,9	540,1	581,0	0,8	580,2	40,1
6.	592,0	5,5	586,5	640,0	0,9	639,1	52,6
7.	605,0	5,9	599,1	660,0	0,9	659,1	60,0
8.	613,0	6,2	606,8	668,0	1,0	667,0	60,2



10. ábra. A tényleges rétegdőlés meghatározása két eltérő irányú áldölés alapján.

Jelmagyarázat:

α_1, α_2 - áldölés azimutja; ω_1, ω_2 - áldölés-
szög; α - a tényleges rétegdőlés azimutja;
 μ - a tényleges rétegdőlés szöge; r - a kör
sugara /tetszőleges érték/.

azt, hogy kettő, kedvező esetben egyetlen elferdült fúróluk adatai alapján is számítható, ill. szerkesztéssel meghatározható a tényleges rétegdőlés. Eddig ugyanis az irodalomban (2, 4, 14 stb.) csak olyan megoldási lehetőségekkel találkoztunk, amelyek szerint három, koordinátákkal megadott pont ismerete szükséges a réteglap térbeli helyzetének analitikai-geometriai úton történő meghatározásához. Ebben az esetben egy azonosított réteg három különálló fúrólukban kimutatott harántolási pontjáról van szó.

Befejezésül hangsúlyozni kívánjuk, hogy a különböző számítási és szerkesztési eljárások ismertetésével nem az volt a célunk, hogy az elferdült fúrásokat — azok értékelése során — előnyös megvilágításba helyezzük, csupán azt szeretnénk elérni, hogy ha már egy kutatófúrás úgyis elferdült, éljünk a felvetett lehetőségekkel. Természetesen ehhez bizonyosmértű szemléletváltozás is szükséges, ami azt eredményezné, hogy az újrafúrt szakaszokból, ha esetenként is, de szintén vennénk magmintákat, valamint ezen fúrólukszakaszokban a kívánt geofizikai méréseket elvégeznénk. Így lehetőség nyílna például:

1. A magminták birtokában elvégezhető rétegdőlés mérésre, melyek felhasználásával:

A) Ugyanazon elferdülési irányban vizsgálható a magmintákon mérhető áldölésszög szabályszerű változása a fúróluk elhajlása függvényében.

B) Azonos rétegre vonatkozóan meghatározható a más-más elferdülési irányhoz tartozó áldölésszög értéke,

a) azonos elhajlási szög mellett,

b) eltérő elhajlási szögek esetén.

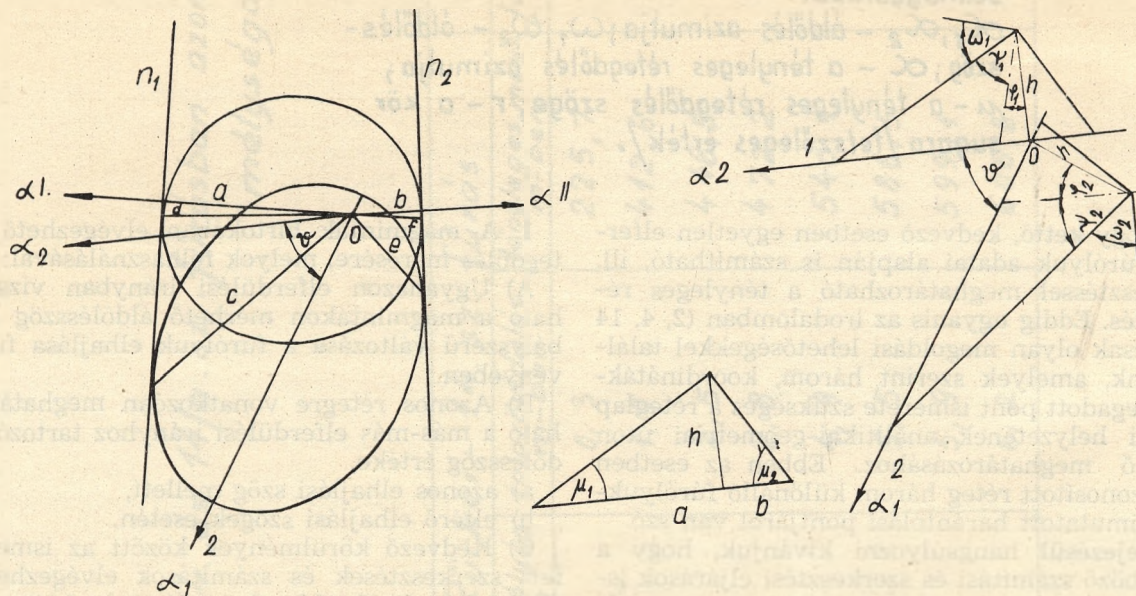
C) Kedvező körülmények között az ismertetett szerkesztések és számítások elvégezhetők. Az így nyerhető több adat segítségével lényegesen nagyobb pontossággal határozható meg a tényleges rétegdőlés.

2. Részletesebb és pontosabb rétegsorrend megállapítására, mely lehetővé tenné még néhány — geofizikai paraméterek alapján kellő biztonsággal még meg nem különböztethető — réteg azonosítását. Ez biztosítaná más-más irányban az áldölésszög meghatározását. Az így nyert több adat ebben az esetben is a megbízhatóságot javítaná.

A Rücker-14 és 14/a sz. fúrásban azonosított rétegek horántolási pontjai alapján meghatározott áldölésszög értékek.

3.sz. táblázat

Réteg- azonosítási szám	Az áldölés	
	szöge	azimutja
1.	15,0°	82°
2.	50,0°	123°
3.	50,0°	123°
4.	50,2°	124°
5.	47,9°	128°
6.	48,0°	128°
7.	50,0°	127°
8.	50,0°	127°



11. ábra. A tényleges rétegdőlés meghatározása elferdült fúrólukszakaszokban mért dőlésadatok alapján.

3. Pontosabb átfúrt vastagsági értékek meghatározására, melyek felhasználásával elvégezhetőek olyirányú gyakorlati vizsgálatok, hogy annak változásában az elferdülés rétegdőléshez

viszonyított iránya, valamint a fúróluk hajlásszöge milyen szerepet játszik.

Sajnálatos módon a kutatófúrások elhajlásával foglalkozó rendeletek, ill. utasítások nem

A Rucker - 14. és 14/a. sz. fúrásban azonosított rétegek átfúrt vastagsága alapján meghatározott áldőlésszög értékek.

4. sz. táblázat

Réteg- azonosítási szám	Rucker - 14. sz. fúrás				Rucker 14/a. sz. fúrás		Áldőlés	
	Mélyégköz m-ben	Átfúrt vastag- ság m-ben	Azimut	Elhajlás szöge	Mélyégköz m-ben	Átfúrt vastag- ság m-ben	Szöge	Azimutja
1 - 2	226,0 - 414,5	188,5	164°	7,2°	228 - 437	219	53,7°	164°
1 - 3	226,0 - 451,0	225,0	160°	7,3°	228 - 478	260	52,2°	160°
1 - 4	226,0 - 475,0	249,0	160°	7,4°	228 - 505	287	51,5°	160°
1 - 5	226,0 - 545,0	319,0	160°	8,3°	228 - 581	363	52,5°	160°
1 - 6	226,0 - 592,0	366,0	155°	9,4°	228 - 640	422	51,2°	155°
2 - 3	414,5 - 451,0	36,5	157°	9,7°	437 - 478	41	53,7°	157°
3 - 4	451,0 - 475,0	24,0	154°	9,9°	478 - 505	27	51,7°	154°
5 - 6	545,0 - 592,0	47,0	144°	12,8	581 - 640	59	51,7°	144°

öszöntzik a kivitelező vállalatokat arra, hogy az elferdült fúrások kiértékelésével, ill. kiértékelhetőségét elősegítő kiegészítő mérések elvégzésével, ill. elvégeztetésével behatóbban foglalkozzanak.

Mint ismeretes, egy korábbi utasítás szerint a kutatófúrások minősítésének kritériuma a talp horizontális eltávolodása volt (3), míg a jelenleg érvényben levő rendelet értelmében (1) pedig a talpeltérés központi szöge. (Ez utóbbi rendelet azonban csak dőlésirányú elferdülésre vonatkozik). Márpedig egy fúrás értékét a harántolt rétegsor kiértékelhetősége, földtani dokumentációjának megbízhatósága és felhasználhatósága határozza meg, s ezen kérdés eldöntésében nem a fúróluk horizontális eltávolodásának, ill. a talpeltérés középponti szögének jut a döntő szerep.

IRODALOM

1. Az Országos Földtani Kutató és Fúró Vállalat által kivitelezett fúrások elferdülésének szabályozása. 20/1966. Nehézipari Értesítő X. évf. 18. sz.
2. *Borbély Samu*: Vektoralgebra. Egyetemi jegyzet 1954.
3. Főigazgatói utasítás. 23. sz.
4. *Furman, I. Ja.*: Geologicseszkiye posztroenyija po dannüm burenyija. Aznyeftehizdat. 1948.
5. *Golubkov, A. V.*: Ob opregyelenyii isztinnoj mosnosztyi tyel poleznüh iszkopajemüh po pere-szecsenyijam szkvazsin. Razvedka i ohrana nyedr. 1964. No. 10.
6. *Kiss E. Zoltán*: A Rükker 14/a. sz. fúrás orientált rétegdőlésmérésének eredményei. MAELGI IV/a. Carottage csoport. 1963. (Kézirat).
7. *Kovács Endre*: A fúróluk lyukferdeségi adatainak felhasználása a földtani szelvények szerkesztésénél, valamint a csapás- és dőlésirány meghatározásánál. 1959. (Kézirat)
8. *Kovács Endre*: A Szászvár 8. számú perspektivikus kutatófúrás lyukferdeségi adatainak felhasználása a dőlés- és csapásirány meghatározásánál. 1961. (Kézirat)
9. *Kovács Endre*: Magyarázó szövek a Komló 126. sz. fúrásán átfektetett földtani szelvényvázlathoz. 1961. (Kézirat)
10. *Kovács Lajos*: Dőlésszög átszámítási táblázatok földtani szelvények szerkesztéséhez. Bp. 1963.
11. *Kuzmin, V. I.*: O tocsnosztyi szpaszobov vücsiszenlyenija koordinat tocsok sztvola iszkvilennoj szkvazsinü. Nyeftj. Hozj. 1968. No. 6.
12. *Limanov, E. L.; Sztrabükün, I. N.*: Klasszifikacija profilej szkvazsin napravlennovo burenyija i primenjaemaja terminologija. Geol. i razvedka. 1964. No. 3.
13. *Morozov, Ju. T.*: Klasszifikacija napravlenij kolonkovüh szkvazsin v zaviszimosztyi ot ih polozsenyija na geologicseszkoj sztruktüre, velicsin uglov vsztreca i fiziko-mechanicseszkih szvojsztv gornüh parod. Geol. i razvedka. 1962. No. 9.
14. *Papp Ferenc, Kertész Pál, Meizl István*: Közethatózó. Tankönyvkiadó, Bp. 1953.
15. *Susztyin, B. G.*: Tablicü dlja opregyelenyija isztinnoj mosnosztyi szlojev gornüh parod (v tom csiszle plasztov uglja). Goszgeoltehzdat. 1960.
16. *Szulaksin, Sz. Sz.*: Iszkvilenyije szkvazsin. Goszgeoltehzdat, 1960.
17. *Szultanov, B. Z.; Sandalov, G. I.*: Zaviszimoszty iszkvilenyija szkvazsin ot geologicseszkih uszlovii. Geol. i razvedka. 1963. No. 3.
18. *Vojnovszkij-Kriger, K. G.; Levenstein, M. L.; Volkov, V. N.*: Opregyelenyije isztinnoj mosnosztyi plasza poleznovo iszkopajemovo v burovoj szkvazsine po szledam szloisztosztyi na kerne. Nyeftjanoje Hozjajsztvo. 1968. No. 8.

Kovács, E.:

BESTIMMUNG DER ORIENTIERTEN SCHICHTNEIGUNG DURCH ANALYTISCHE METHODE

Die Abneigung der tiefen Schurfböhrungen stellt überall in der Welt ein ernstes Problem dar, bei der technischen Ausführung der Bohrung, sowie bei der Auswertung der geologischen Angaben. In Verbindung mit dieser letzten Frage existieren recht verschiedene Meinungen. Bei der Lösung von geologischen Aufgaben ist das Kenntnis der orientierten Schichtneigung eine grundlegende Erforderung. Darum stellt der Verfasser einige neue Konstruktions- und Rechnungsverfahren vor. Auf Grund dieser bestimmt er die faktische Schichtneigung und Fallrichtung, durch Anwendung der geologischen Angaben und Neigungsmessungen in den beiden Schurfböhrungen.

Balneogeológiai tapasztalatok az NDK gyógyfürdőivel és ásványvizeivel kapcsolatban

Írta: Dr. Bauer Jenő

Magyarországon a második világháború után kibontakozó geológiai kutatás a föld mélyéből feltárható és a föld felszínén rendelkezésre álló gyógytényezőknek nagyarányú gyarapodását eredményezte, mellyel a balneológiai felhasználás mindezeideig nem képes lépést tartani.

Ennek a szakmai körökben eléggé gyakran hangoztatott igazságnak aláhúzására érdemes az OVF Vizgazdálkodási Tudományos Kutatóintézete által 1965-ben kiadott „Magyarország hévízkútjai” című termálvizkataszterének fontos megállapítására hivatkozni, mely szerint a mélyfűrótevékenység által feltárt termálvizkészleteknek csak mintegy tizenegy ezredrészét használjuk fel.

Elgondolkodtató ez azért, mivel a földnek és környezetének, vagyis geoszférának és atmoszférának számos egészségjavító lehetősége és gyógytényezője tüzetesebb szemléletre ugyanolyan fontos gazdasági tényezőnek bizonyulhat, mint más, exportra is alkalmas geológiai értékünk, — például a bauxit.

Ennek belátása érdekében ajánlatos megfontolnunk, hogy e gyógytényezők helyes felhasználás esetén egyrészt a betegbiztosítók táp-pénzkiadásának tetemes csökkentését, másrészt — kellő volumenű gyógy-idegenforgalom kialakításával — devizabevételeink komoly emelkedését teszik lehetővé.

A geoszféra és atmoszféra gyógytényezői emellett az üzembehelyezés kezdeti befektetései után úgyszólván ingyen állnak rendelkezésre, s így rentabilitásuk idő múltával többnyire fokozódik. Éppen hazánk balneológiai adottságainak imént említett viszonylagos kihasználatlansága folytán tanulságosnak ígérkezett összehasonlítást tenni a gyógytényezők hasznosítása szempontjából olyan környező országokkal, melyek hazánkkal analóg módon kialakított, népi demokratikus rendszerben gazdálkodnak. Ezért először az N. D. K.-t, majd Bulgáriát választottuk egy-egy balneológiai tanulmányút színteréül.

Jelen összefoglalásunkban az 1967 év őszén és az 1968 elején az N. D. K.-ban tett látogatásról kívánunk beszámolni. A tanulmányozott 14 gyógyhely alfabetikus sorrendben a következő: Brambach, Doberan, Elster, Frankenhause, Heiligendamm, Kühlungsborn, Kösen, Lausick, Neufahrland, Salzungen, Salzemen, Sulza, Warmbad Wolkenstein, Wiesenbad.

Ha Keletnémetország balneológiai értékeit feltüntető térképét vesszük szemügyre, feltűnik

a déli részeknek balneológiai értékű geofaktorokban való lényegesen nagyobb gazdagsága az északi területekhez képest. A nagymúltú fürdők jórésze e területen helyezkedik el, s a Keleti tenger vidéke egyelőre leginkább üdülőhelyi és klimagyógyászati szempontból jelentős.

Gyógyerejű ásványvizek tekintetében az ország délnyugati és déli része a legjelentősebb, mely a Harz hegységet, az Elster- és Ércheységet, valamint az Elba homókköterületét foglalja magában. A Thüringiai Erdő felemelkedett röge főként agyagpalákat, homókkő-, homokos agyag, kvarcporfir és gránit, valamint gnájszképződményeket takar, míg a Thüringiai Medencét fiatalabb homókkő, mészkő és homokos agyag alkotja. Felszíne alatt értékes kálisó, kősó és rézpala előfordulások találhatók, melyek a fürdőgyógyászatban felhasznált vizek kemizmusára gyakorolnak jelentős befolyást. Régi felhagyott bányák ásványvizei is a gyógyászat rendelkezésére állnak; ilyenek pl. Alexisbad vasszulfátos vizei.

A lápok és gyógybarlangok e területeknek még kevésbé kihasznált balneoterápiás tartalékai közé tartoznak.

A Harz és a Thüringiai Erdő között elterülő Thüringiai medence tektonikailag is erősen tagolt, ahol a törésvonalak mentén nagykoncentrációjú kalciumszulfátos vizek — úgynevezett gipszvizek — valamint kénes vizek fakadnak. Elsőre jó példa Bad Frankenhause 79,232 mg/lit NaCl tartalommal; az utóbbira pedig Tennstädt. E területen a geológiai kutatás ásványvízfeltárás iránti érdeklődése igen jelentős, mivel az Unstrut folyó völgyében egyes fiatal lápterületeken további kénes vizek feltárására van remény.

A terület északi és déli peremvonalai mentén — így Suhlban is — értékes, eddig gyógycélokra kevésbé használt vizek fakadnak. Liebensteint a szulfátos, vasas-arsénes hideg vizek a szívbeteg országon legkeresettebb gyógyhelyévé avatják.

A Thüringiai Erdő déli előterét a Werra völgyében gazdag sóelőhelyek uralják. A kálisó is jelentős: nagykoncentrációjú konyhasós vizek fakadnak Salzungenben, Schmalkaldenben és Colbergben. A „Hundsköpfe” néven ismert szénsavgáz-exhalációkat a gyógyászat országos arányokban hasznosítja.

A nagymúltú Bad Elstert magában foglaló Elster hegység valamint az Ércheység is tektonikai összefüggéseket enged feltételezni az éger-

völgyi (ČSSR) barnaszén területtel. Brambach és Jachimov radioaktív vizei, Marianské Lázně és Františkové Lázně termalizmusa s az NDK Érchegységben fakadó meleg vizek (Warmbad Wolkenstein és Wiesenbad) a haránttörések mélyreható rétegtani analógiáit teszik feltételezhetővé mind a cseh, mind a német területen.

Az NDK középső részét: Halle, Lipcse környékét, Szászországot és Sachsen-Anhaltot barnaköszén, kálisó és rézpala-lelőhelyek jellemzik. Itt fekszik az ország legrégebb bányászfürdője, Salzelmen, melynek nagy koncentrációjú sósvizét gyógycélokra használják.

Ennek a középső országrésznek délibb területeire esnek az NDK egyes fontos vasas-konyhasós vizei (pl. Lauchstódt) és nagy koncentrációjú konyhasós ásványvíz előfordulásai. (Dürrenberg). Muskau kénos-vasas vizet szolgáltat; a Lipcsével szomszédos Bad Lausick-ban öt magas vasszulfát tartalmú, de kis vízhozamu hideg gyógyforrás fakad, melyeknek megmentésére, illetőleg hozamnövelésére irányuló munkálatok hallei és freibergi hidrogeológusok munkája nyomán újabban jelentős előrehaladást tettek.

Ettől a középső zónától északra a mecklenburg-brandenburgi erdő- és tóterület húzódik, mely a jégkorszakok folyómedreinek elláposított maradványait őrzi. A földközépkori rétegek közé itt sok helyen sőtömszök nyomultak, aminek jeléül e helyeken sóstalajvízre is találhatunk. Még északabbra, Rostock és Greifswald vidékén szénhidrogénkutató mélyfúrások újabban konyhasós termálvizet hoztak felszínre; ennek balneológiai felhasználásáról azonban egyelőre még nem került sor.

Az említett területeken különféle lápfajták is találhatóak, amelyek részint a biogén eredet, részint a szervetlen ásványi anyagtartalom tekintetében lényeges eltéréseket mutatnak. Ezek között vas- és kéntartalmú lápok is találhatóak.

A Schollene-i tavon jelentős peloid-kitermelés folyik, és ez az anyag az ország különböző gyógyhelyein felhasználást nyer — így a többi között Warmbad Wolkensteinben is, mely mindössze 24 C fok körüli gyógyvizekkel rendelkezik. (Ennek ellenére hosszú időn át ezeket tekintették az NDK legmelegebb vizű természetes ásványvízforrásainak.) A Schollene-i tóból kitermelt úgynevezett „SchollenerPelose” organogén eredetű, viszonylag fiatalabb limnikus üledék, jelentős ásványi só tartalommal. Wilsnack és Freienwalde fontos lápgyógyászati centrumok; Saarow vastartalmu lápok és nagykoncentrációjú sósvizek gyógyászati felhasználásának jólismert helye. Rheinsberg, Stadt Lenggfeld és a Berlinhez közel fekvő Neufahrland dietetikai, hidroterápiára és ivókúrára berendezett speciális gyógyhelyek (szanatóriumok), melyek saját gyógyvízzel nem rendelkeznek, de ivókúrák céljára különböző eredetű, olykor kül-

földi gyógyvizeket (pl. magyarországi Mira vizet is) felhasználnak.

A már ismertetett két terület fürdői és balneoterápiás tényezői mellett az NDK harmadik, balneológiai és klimatológiai fontos területe a Keleti-tenger partvidéke. A vidék fürdőgyógyászati értékét elsősorban a tengerrel való közvetlen kapcsolata adja. Itt a bioklíma, s a tengervízre és homokra támaszkodó, élénk fejlődésben lévő thalassoterápia a szervezet regenerálásának, gyógyításának leglényegesebb módszere.

A lapos partok sok helyen magas partokkal váltakoznak, vagy egyik formából közvetlenül a másikba mennek át. Tenger alatti lápok is találhatóak a parti zónában, melyek a terület kutatói szerint olyan transzgressziókról és süllyedésekről tanuskodnak, amelyek során a partközeli láp a tenger szintje alá került. E zóna keleti része Rügen szigete, amely a pleisztocén rétegek alatt elhelyezkedő kréta feltüremlése. A meredek krépartok Stubbenhammernél 129 méterre emelkednek a tenger színe fölé.

Az úgynevezett thalassoterápia, vagy „tengergyógyászat” fő eszköze maga a tengervíz, annak vegyi és fizikális hatása. A víz 1,5 százalék körül mozgó sótartalma gyógyászati célokra igen megfelelő; ezen kívül a tenger egy sor gyógyerejű, vagy gyógyhatásúnak feltételezhető nyomelemet is tartalmaz, amilyenek a fluor, a bróm, a titán, a cirkon stb. A partközeli lápok és lápszuszpenziók — „feketevizek”-nek is nevezik ezeket — szintén tartozékai a vidék gyógyterápiájának. A tengervizet azonban parti fürdőkön kívül melegített kádfürdők alakjában is felhasználják, sőt sterilizált állapotban ivókúrák céljára is. Ilyen tengervíz-ivókúrákat találhatunk a többi közt Kühlungsborn és Graal-Müritzben is. A krépartok finom porát — általában őrölt, finomított állapotban — fürdőkúrákra is felhasználják, és pedig kétféle módon. Egyrészt száraz krétafürdők, másrészt tengervizes kréta-szuszpenziók alakjában. E fürdömód klasszikus helye Sassnitz, Rügen szigetén.

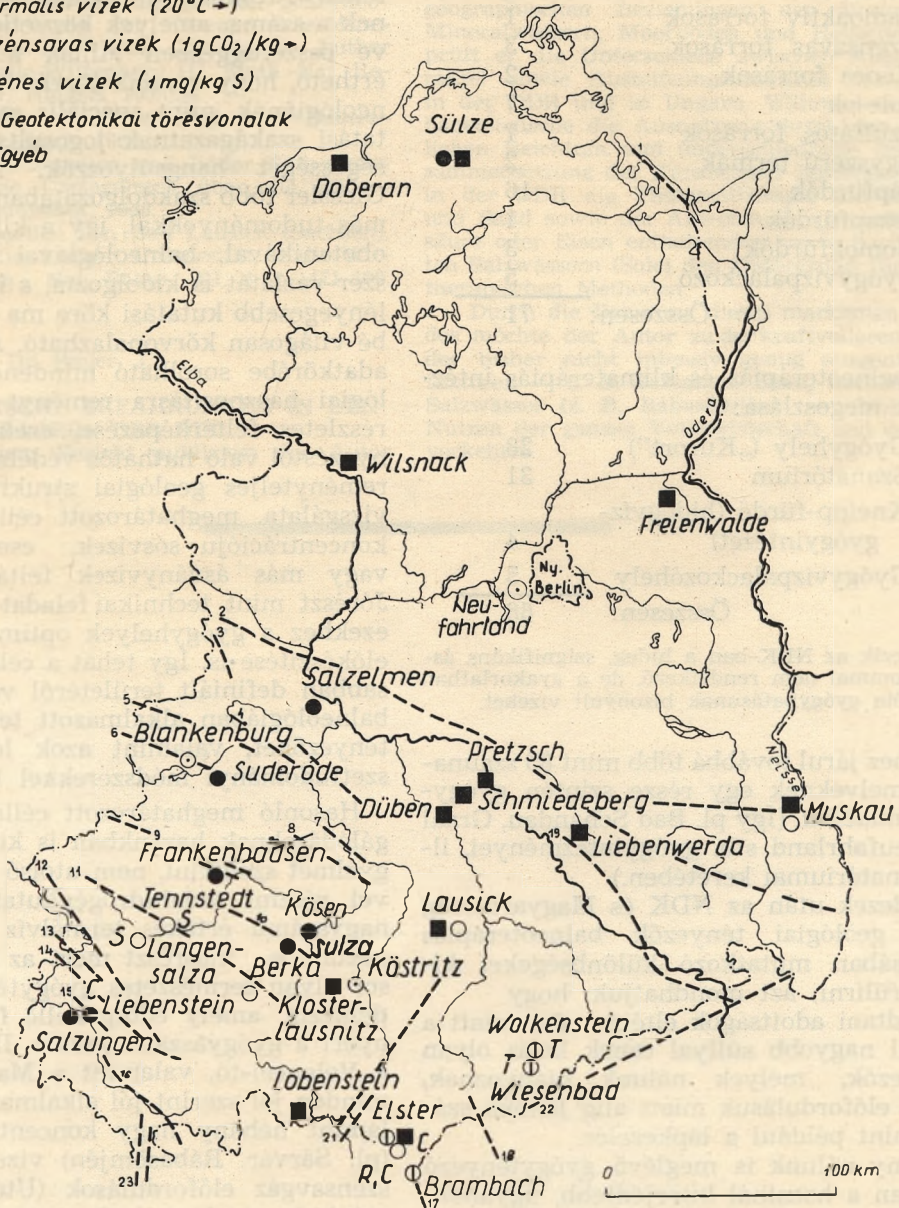
A szabad testkultúra strandjai egyes helyeken a bőrgyógyászati kezelés segédeszközei, így Heiligendammban is.

A nagyszámú tengerközeli gyógy- és üdülőhely közül kiemelkedik Doberan, Heiligendamm, Kühlungsborn, Graal-Müritz és Heringdorf. Az utóbbi helyen, valamint Greifswaldban nagy koncentrációjú sósvizek (sole-ok) állnak rendelkezésre, Rügen szigetén Stubnitzban viszont kénhidrogén tartalmú vizek.

A Kelet-németországi thalassoterápiának első tudományos kutatóbázisa Heiligendammban létesült, a Bad Elsterben székelő országos balneológiai és gyógyhelyi kutató intézet kihelyezett részlegeként. Programjának körvonalai az NDK-ban tett látogatásunk idején még csak

Az NDK gyógyfürdői

- Iszap és lápfürdők
- Chloridos vizek
- Szulfátos vizek
- ⊕ Hidrogénkarbonátos vizek
- R Radióaktív vizek (80 ME →)
- T Termális vizek (20°C →)
- C Szénsavas vizek (1g CO₂/kg →)
- S Kén-savas vizek (1mg/kg S)
- Geotektonikai törésvonalak
- Egyéb



fokozatosan rajzolódtak ki. Az intézet kutatási körébe tartozik:

- 1.) a tengervíz kemizmusának részletes vizsgálata,
- 2.) a tenger évszakonként változó összetételének tanulmányozása,
- 3.) a parti homokfajták analízise, továbbá
- 4.) a tengervízzel végezhető ivókúrák céljá-

ra alkalmas vízkivételi helyek kijelölése. Mindezek a vizsgálatok Berlin keleti szektorában működő bioklimatológiai kutató intézet heilgendammi kirendeltségének munkájával is kiegészülnek.

Ha egy pillantást vetünk az NDK természetes balneológiai gyógytényezőinek megoszlására, (azokat vegyi és fizikai jellegük szerint cso-

portositva,) úgy az alábbi összefoglaló táblázatot nyerjük:

A) Akratopegek*	1
B) Arzénes források	1
C) Kloridos (konyhasós) források	9
D) Vasas források	9
E) Hidrogénkarbonátos források	4
F) Radioaktív források	1
G) Szénsavas források	3
H) Kénes források	2
I) Sole-ok	7
J) Szulfátos források	7
K) Egyszerű termák	2
L) Lápfürdők	16
M) Iszapfürdők	1
N) Homokfürdők	3
O) Gyógyvízpalackozó	5
Összesen:	<u>71</u>

Az NDK balneoterápiás és klimaterápiás intézményeinek megoszlása:

I. Gyógyhely („Kurort”)	28
II. Szanatórium	31
III. Kneipp-fürdő (hidegvíz-gyógyintézet)	4
IV. Gyógyvízpalackozóhely	5
Összesen:	<u>68</u>

* Így nevezik az NDK-ban a hideg, szignifikáns ásványi tartalommal nem rendelkező, de a gyakorlatban hosszú idő óta gyógyhatásának bizonyult vizeket.

Fentiekhez járul továbbá több mint 85 szaunafürdő is, melyeknek egy része szintén gyógyhelyeken működik. (Így pl. Bad Schandau, Graal Müritz, Neufahrland stb. gyógyintézményei, illetőleg szanatóriumai keretében.)

Ha mindezek után az NDK és Magyarország között a geológiai tényezők balneoterápiás hasznosításában mutatkozó különbségeket kívánjuk körülírni, azt mondhatjuk, hogy

1. A földtani adottságok eltérő volta miatt a németeknél nagyobb súllyal esnek latba olyan gyógytényezők, melyek nálunk hiányoznak, vagy ritka előfordulásuk miatt alig jönnek számításba, mint például a lápkezelés.

2. Néhány nálunk is meglévő gyógytényező az NDK-ban a hazainál kiterjedtebb, ugyanakkor orvosilag rendkívül tüzetesen ellenőrzött kihasználást nyer.

Az első csoportba tartoznak főleg a nagy koncentrációju sós és vasas vizekkel végzett gyógymódok, továbbá homoknak és krétának fürdőkúra, tengervíznek pedig ivókúra alakjában történő felhasználása.

A második csoportba sorolható faktorok közül erősebb hangsúlyt kap az NDK-ban a gázterápia (főleg CO₂ gáz), a kádfürdők alakjában

végzett lép- és iszapkezelések, az aerosol és szabadtéri légzőterápia, — utóbbi főleg sólepárlók (u. n. „Gradierwerk-ek) közelében, így Kösenben Dürrenbergben stb., amelyek körül természetes szabadtéri inhalatórium létesül a szikkasztóműveken lecsorgó sósvíz hatására. Igen kedveltek a Kneipp-kúrák, a hidegvízterápia és a thalassoterápia.

Látható tehát, hogy az NDK-ban igen jelentékeny azoknak a fürdőgyógyászati tényezőknek a száma, amelyek közvetlenül vagy közvetve összefüggésben állnak a geológiával. Így érthető, hogy vannak törekvések, melyek a balneológiának, mint speciális gyakorlati célu kutatási szakágazatnak jogosultságát, sőt szükségességét hangsúlyozzák. A halléi dr. Alf Giessler több szakdolgozatában a balneológiának más tudományokkal, így a klimatológiával, geobotanikával, balneológiával összefüggő rendszer-vázlatát is kidolgozta, s így e tudományág lényegesebb kutatási köre ma már többé-kevésbé világosan körvonalazható. A balneológia feladatkörébe sorolható mindenekelőtt a balneológiai hasznosításra reményt nyújtó területek részletes feltérképezése, ezeknek ipari szennyezettől való hathatos védelme, továbbá egyes reményteljes geológiai strukturák hidreológiai vizsgálata, meghatározott céllal. (Így pl. nagy koncentrációju sósvizek, esetleg termálvizek, vagy más ásványvizek feltárása érdekében). Jórészt mint technikai feladat csatlakozik mindezekhez a gyógyhelyek optimális telepítésének előkészítése is. Így tehát a célkutatásnak szorosabban definiált területéről van szó, amely a balneológiában alkalmazott természetes gyógytényezőket, valamint azok lelőhelyeit természettudományi módszerekkel kutatja.

Hasonló meghatározott céllal végzendő vizsgálatoknak hazánkban is kívánatos volna figyelmet szentelni, nem utolsó sorban azért, mivel részint szénhidrogénkutató mélyfúrásaink nagyszámú értékes termálvíz lelőhelyet adtak kezünkbe, másrészt mert az ország egy egész sor olyan természetes gyógytényező felett rendelkezik, amely eddig kellő felhasználást nem nyert a gyógyászat vonalán. Ilyenek a Balaton, a Velencei-tó, valamint a Maros gyógycélokra minden jel szerint jól alkalmazható iszapja, valamint néhány nagy koncentrációju sósvízút (pl. Sárvár, Rábásömjén) vize, továbbá fontos szénsavgáz előfordulások (Utóbbiak az alföldi szénhidrogén kutatások során kerültek feltárássra). Mindezekon kívül vizsgálatokat lehetne folytatni egyes magyarországi homokfajták gyógycélokra (pl. bőrgyógyászati terápiára) történő felhasználhatóságára vonatkozólag, s a balneogeológiának további fontos feladata lehetne a finn rendszerű szaunafürdőkben használt 7—800 C fokos izzítás és hirtelen lehűtést jól kiálló terméskövek felkutatása és minősítése. Ezeknek hazai kőzetfajtákból való kiterme-

lése annál is fontosabb lenne, mivel e fűrdőmód várható elterjedése révén e fűrdők közigényének belföldi anyagokból való kielégítése igen lényeges devizagazdálkodási problémává is válhat.

IRODALOM

- Giessler, A.: Ber. I. Intern. Symposium f. Geowissenschaften (Balneogeologie) Eisenstadt 1961.
- Giessler, A.: Das stationäre und ambulante Gesundheitswesen, Bd. 8. p. 75-87. Berlin, 1966.
- Giessler, A.: Kritische Untersuchungen der geohydrologischen Grundlagen der Kösener Sole-Mineral- und Heilquellen. Wiss. Z. Martin Luther Universität Halle-Wittenberg III. Math.-Nat. Reihe. p. 523-537. Halle/S. 1953/54.
- Jordan, H.: Grundriss der Balneologie und Balneoklimatologie, Leipzig, 1964.
- Kukowka, A.: Die Heilquellen und Bäder Thüringens und allgemeine Darlegungen über die Bäderheilkunde. Rudolstadt, 1948.
- Hohl, R.: Die Heilquellen von Bad Lausick (Sachsen). Wiss. Z. Martin Luther Universität, Halle-Wittenberg, Math.- Nat. Reihe XI. 4. p. 471-490. Halle/S. 1962.

Dr. Bauer, J.:

BALNEOGEOLOGISCHE ERFAHRUNGEN IN DEN HEILBÄDERN DER DDR.

In seinem kurzem Bericht publiziert der Autor

die wichtigsten Erfahrungen seiner Studienreise in der DDR im Herbst 1967, als er die Heilwässer und andere Heilfaktoren auf dem Gebiet der Geologie untersucht hat. Über das selbe Thema hielt er auch einen Vortrag vor der Wirtschaftsgeologischen Sektion der Ungarischen Geologischen Gesellschaft.

Er betont die im Ausland zunehmende Bedeutung der Balneogeologie als Grenzdisziplin der Naturwissenschaften, sowie die Möglichkeiten ihrer Nutzbarkeit für Ungarn, wo ja die natürlichen Heilfaktoren so reichlich vorhanden sind. Auf Grund eingehender Besichtigung aller wichtigsten balneotherapeutischen Kurorte der DDR beschreibt er die geologischen und geographischen Beziehungen der Vorkommen von Mineralwässern, Moorböden und Heilquellen und prüft er die Unterschiede zwischen Ausnutzungscharakter sowie Ausnutzungsintensität dieser Heilwerte in der DDR und in Ungarn. Während in Ungarn die balneologische die Ausnutzung durch denauserordentlichen Reichtum und unterschiedliche chemische Zusammensetzung der Karstwässer bestimmt wird, bildet in der DDR die Thalassotherapie mit Meereswasser und Sand sowie die Anwendung von kalten, Kohlensäure oder Eisen enthaltenden sowie hochkonzentrierten Salzwässern (Sole) den Untergrund für die balneotherapeutischen Methoden.

Durch die Betonung dieses markanten Unterschiedes möchte der Autor zu der kraftvolleren Ausnutzung der bisher nicht intensiv genug ausgenützten Heilfaktoren — z. B. Schlamm, Sand, hochkonzentrierte Salzwässer (z. B. Rábasömjén) — beitragen, zum Nutzen der ganzen Volkswirtschaft und des Fremdenverkehrs.

A szocialista és a tőkés államok fontosabb hasznosítható ásványi nyersanyag-készletei, minőségi és termelési adatai

Összeállította: Dr. Hahn György

A szereplő országok körét úgy választottuk meg, hogy csak a bányászati termelést nem folytató, valamint a távoli és kis termelési kapacitású országok maradtak ki.

Az ásványi nyersanyagokat a következőképpen csoportosítottuk:

- A) Energiahordozók
- B) Vasérc és ötvöző anyagai
- C) Legfontosabb színes-ércek
- D) Nemesfémek
- E) Egyéb ércek
- F) Vegyipari nyersanyagok
- G) Ásványbányászati nyersanyagok

A felvett nemesfémek, az egyéb ércek, valamint az ásványbányászati nyersanyagok nagyrésznél csak termelési adatok álltak rendelkezésre.

Az adatok egy részét az államok, vállalkozók bizalmasan kezelik, így az anyag jellegéből kifolyólag gyakran csak becült számot adhatunk, ahol a nagyságrendi értékelés tekinthető biztosnak.

Az összeállítás az ENSZ, KGST, szovjet, USA és a hazai adatok alapján készült a hazai földtudományokkal foglalkozó szakemberek tájékoztatására.

A) ENERGIAHORDOZÓK

1. KŐSZENEK

Országok	Antracit és feketekőszén				Barnakőszén és lignit			
	készlet milliárd t-ban		termelés millió t-ban		készlet milliárd t-ban		termelés millió t-ban	
	száma- vett	lehet- séges	1967-ben	1968-ban (becsült)	száma- vett	lehet- séges	1967-ben	1968-ban (becsült)
Ausztrália	4	16	35	41	46	55	24	23
Ausztria	—	—	—	—	0,3	0,3	5	4
Belgium	1	5	16	15*	—	—	—	—
Bulgária	—	—	—	—	—	—	27	28
Csehszlovákia	—	—	26	24*	—	—	71	74*
D.-Afrika	37	76	49	52	—	—	—	—
D.-Korea	6	85	12	10*	—	3	—	—
É.-Korea	—	—	21	—	—	—	—	—
Franciaország	2	9	48	42	1	2	3	4
Hollandia	3	3	8	7	—	—	—	—
India	50	136	68	72*	—	2	3	—
Japán	6	19	47	47	—	2	—	—
Jugoszlávia	—	—	1	1*	—	—	26	26
Kanada	32	63	9	8	11	23	2	2
Kína	—	—	227*	—	—	—	—	—
Lengyelország	—	—	124	129	—	—	24	27
Magyarország	—	—	4	5	—	—	23	22
Nagy-Britannia	127	170	175	164	—	—	—	—
NDK	—	—	2	—	—	—	242	247
NSZK	67	224	112	112	63	63	97	102
Románia	—	—	5	5*	—	—	8	9*
Spanyolország	—	3	13	12*	—	1	—	—
Szovjetunió	—	—	414	414*	—	—	141	140*
USA	125	1253	508	497	15	420	4	—
Világ összesen	462 t	2045 t	1983	—	139	650 t	728*	—

t = tőkés országok összesen

2. SZÉNHIIDROGÉNEK

Országok	Kőolaj készlet milliárd t-ban	1967-es termelés millió t-ban	1968-as becsült termelés millió t-ban	Földgáz készlet milliárd m ³ -ben	1967-es termelés milliárd m ³ -ben	1968-as becsült termelés milliárd m ³ -ben
Algéria	0,9	38	42	3946	2	2*
Argentína	0,4	16	17	227	5	5*
Ausztria	0,03	3	3*	27	2	2*
Bulgária	—	0,5	0,5	—	—	—
Brazília	0,1	7	8	14	1	—
Csehszlovákia	—	0,2	—	—	—	—
Franciaország	0,03	3	3	198	6	6
Hollandia	0,04	2	2	1628	7	14*
India	—	6	6*	28	1	—
Indonézia	1,2	25	—	71	3	—
Irak	3,2	60	74	566	—	—
Irán	5,4	120	141	3100	1	2*
Jugoszlávia	—	2	2	—	—	—
Kanada	1,1	47	50*	1274	48	49*
Kolumbia	0,2	10	9	99	3	—
Kuwait	8,6	115	122	1132	2	—
Lengyelország	—	—	1	—	2	3
Líbia	2,7	83	112*	198	—	—
Magyarország	—	2	2	—	2	3
Mexikó	0,3	19	21*	382	16	16*
Nigéria	0,4	16	4	113	—	—
NSZK	0,1	8	8	220	4	6
Omán (sz)	1,7	19	24	212	—	—
Olaszország	0,04	2	2	125	9	10
Románia	—	13	13	—	20	22
Szaud-Arábia	8,2	128	141	747	—	—
Szovjetunió	—	288	308	—	158	171
Trinidad-Tobago	0,1	9	9	28	—	—
USA	5,2	435	450	8127	515	542*
Venezuela	2,4	186	189	849	7	8*
Világ összesen	64,0 t	1748	—	30500 t	—	—

sz = szerződéses

B) ÉRCEK

1. VASÉRC

Országok	Kimutatott földtani készlet milliárd t-ban	Lehetséges és földtani készlet milliárd t-ban	Fe tartalom %-ban	1967-es termelés millió t-ban	1968-as becsült termelés millió t-ban
Ausztrália	1,3	15,8	65	18	24*
Ausztria	0,1	0,4	30	3	3
Brazília	10,0	80,0	65—70	22	15*
Bulgária	—	—	45	3	3
Chile	0,2	1,0	65	11	9
Csehszlovákia	—	—	30	2	2*
D.-Afrika	0,4	3,5	60—65	7	7
Franciaország	4,5	7,1	35	49	55
India	10,0	22,0	61	26	27*
Jugoszlávia	—	—	35	3	3
Kanada	7,5	28,0	55	38	44*

Országok	Kimutatott földtani készlet milliárd t-ban	Lehetséges és földtani készlet milliárd t-ban	Fe tartalom %/o-ban	1967-es termelés millió t-ban	1968-as becsült termelés millió t-ban
Kína	—	—	—	28*	—
Lengyelország	—	—	30	3	3*
Libéria	1,6	2,2	60	18	—
Luxemburg	0,2	0,3	30	6	6*
Magyarország	—	—	25	0,7	0,6
Nagy-Britannia	2,9	4,6	25—30	13	14
NDK	—	—	30	2	—
NSZK	0,3	1,9	35	7	6*
Románia	—	—	30—35	3	3*
Spanyolország	0,9	3,3	50	5	6*
Svédország	2,4	3,4	60	29	33
Szovjetunió	—	—	60	168	176
USA	5,5	10,0	50—55	86	87
Venezuela	1,6	2,1	62	17	15*
Világ összesen	212,4 t	268,7 t	—	627	—

2. MANGÁN

Országok	Kimutatott földtani készlet millió t-ban	Lehetséges és földtani készlet millió t-ban	Közepes Mn tartalom %/o-ban	1967-es becsült érc-termelés e. t-ban
Ausztrália	5	55	45	545
Brazília	75	150	40—45	1133
Bulgária	—	—	—	42
D.-Afrika	18	60	25—50	1750
Elefántcsontpart	2	13	20—52	149
Gabon	200	200	50	1150
Ghana	12	30	25—50	526
Guyana	2	5	42	178
India	30	180	30	1600
Japán	3	5	30—43	340
Kína	—	—	—	700
Kongó (K)	2	10	45	280
Magyarország	—	—	—	200
Mexikó	1	7	25—45	111
Románia	—	—	—	112
Szovjetunió	—	—	—	7200
Világ összesen	393 t	984 t	—	16900

K = Kinshasa

3. KRÓM

Országok	Lehetséges és földtani készlet millió t-ban	Közepes Cr ₂ O ₃ %/o-ban	1967-es becsült termelés e. t-ban
Albánia	—	7	418
Dél-Afrika	200	38—50	1148
Fülöp szigetek	20	29—36	420
Görögország	3	40	50
India	90	30—54	113
Irán	60	46—50	180
Japán	1	29	45
Jugoszlávia	—	—	46
Kuba	—	—	30
Rhodézia	550	45—50	—
Szovjetunió	—	—	1570
Törökország	60	50—52	615
Világ összesen	1050	—	4630

4. NIKKEL

Országok	Kimutatott földtani készlet e. t-ban	Lehetséges és földtani készlet e. t-ban	Ni tartalom %-ban	1967-es becsült termelés e. t-ban
Brazília	335	600	1,5 —2	1
Dél-Afrika	25	50	1,4	6
Finnország	50	85	0,1 —0,8	3
Indonézia	100	1800	1 —3	6
Kanada	5700	6400	0,75—2,8	221
Kuba	—	—	—	24
Lengyelország	—	—	—	1
Szovjetunió	—	—	—	100
Új Kaledónia	4200	15000	1 —2	62
USA	300	450	0,3 —1,4	13
Világ összesen	787 t	31470	—	435

5. KOBALT

Finnország	—	25	0,1 —0,2	1
Kanada	220	250	0,06—0,1	1
Kongó (K)	200	680	0,6	10
Szovjetunió	—	—	—	1
Uganda	22	32	0,18	—
Zambia	250	350	0,02—0,2	1
Világ összesen	787 t	2402 t	—	20

6. MOLIBDÉN

Chile	550	800	0,022	10
Kanada	320	440	0,03 —0,12	20
Peru	100	200	0,02	2
USA	1800	2400	0,02 —0,2	81
Világ összesen	287 t	4080 t	—	114

5. TITÁN (ilmenit és rutil)

Országok	Reménybeli és földtani készlet m. t	TiO ₂ -ben TiO ₂ tartalom %-ban	Becsült termelés 1967-ben e. t-ban
Ausztrália	9	—	816
Brazília	1	0,5—25	14
Ceylon	2	—	53
Finnország	6	6	125
India	35	—	29
Japán	9	10	6
Kanada	65	35	567
Malaysia	—	—	127
Malgas	1	10 —27	6
Norvégia	60	17 —18	370
Spanyolország	—	—	19
USA	48	0,5—35	849
Világ összesen	690 t	—	2980

6. WOLFRAM

Országok	Földtani készlet e. t.-ban WO ₃ -ban	Reménybeli és földtani készlet e. t. WO ₃	Az érc WO ₃ tartalma %-ban	Becsült termelés 1967-ben 60%-os WO ₃ e. t.-ban
Ausztrália	25	25	0,5—3,0	0,9
Bolívia	30	50	1—2	1,6
Brazília	10	20	0,5—1	0,3
Dél-Korea	85	100	0,35—1,5	2,0
Észak-Korea	—	—	—	2,1
Japán	10	16	0,6	0,4
Kanada	26	70	0,35—2,5	—
Kína	—	—	—	7,9
Mongólia	—	—	—	0,4
Peru	4	8	0,9—1,8	0,3
Portugália	20	20	0,4—1,2	1,1
Szovjetunió	—	—	—	6,1
Thaiföld	10	20	1—2	0,4
USA	90	130	0,30—1	3,09
Világ összesen	418 t	625 t	—	27,8

C) LEGFONTOSABB SZÍNESÉRCEK

1. BAUXIT

Országok	Kimutatott földtani készlet millió t-ban	Lehetséges és földtani készlet millió t-ban	Al ₂ O ₃ tartalom %-ban 1967-es termelés millió t-ban	1968-as termelés millió t-ban
Ausztrália	900	3200	35—55	4,2 4,8*
Dominika	60	85	45—50	1,1 —
Franciaország	70	260	50—60	2,8 2,8
Ghana	45	250	46—63	0,4 0,3*
Görögország	85	120	50—60	1,7 1,8*
Guinea	600	1500	55—60	1,6 —
Guyana	50	150	50—61	3,5 3,5*
India	74	250	36—60	0,8 1,0*
Indonézia	25	40	45—55	0,9 —
Jamaika	200	600	47—52	9,4 —
Jugoszlávia	—	—	—	2,1 2,1
Kína	—	—	—	0,4 —
Magyarország	—	—	40—60	1,5 1,6
Malaysia	10	40	50—60	0,9 0,8*
Olaszország	10	25	43—58	0,2 0,2
Suriname	200	300	50—59	5,5 —
Szovjetunió	—	—	—	5,1 —
USA	53	650	40—52	1,7 1,7*
Világ összesen	2556 t	9683 t	—	44,3 —

2. RÉZ

Országok	Kimutatott földtani készlet millió t-ban	Lehetséges és földtani készlet millió t-ban	Cu tartalom %/o-ban	1967-es termelés millió t-ban	1968-as becsült termelés millió t-ban
Ausztrália	1,9	3,0	2,0	92	106*
Bulgária	—	—	—	29	30*
Chile	42,0	59,0	1,3	662	—
Ciprus	0,2	0,6	1,1	45*	—
Dél-Afrika	1,5	1,8	1,3	123	133
Finnország	0,7	1,6	1,5	29	30*
Fülöp szigetek	1,6	3,0	0,8	86	101*
Izrael	0,4	0,9	1,5	10	—
Japán	1,1	1,8	1,7	118	120
Jugoszlávia	—	2,5	0,7—6,0	63	71
Kanada	10,0	13,8	0,9	557	548*
Kína	—	—	—	80*	—
Kongó (K)	18,0	36,0	4,0	322	305*
Lengyelország	—	—	—	16	—
Mexikó	0,7	1,0	1,0	63	57*
Norvégia	0,5	0,8	1,7	14	17
Peru	10,9	13,0	0,9	186	208*
Svédország	0,6	1,2	0,5	14	—
Szovjetunió	—	—	—	800	—
Törökország	0,5	1,3	2,1	29	—
USA	39,0	45,0	0,8	865	1306*
Zambia	27,4	54,0	3,4	664	607*
Világ összesen	162,7 t	253,2 t	—	4930*	—

3. ÓLOM

Országok	Kimutatott földtani készlet millió t-ban	Lehetséges és földtani készlet millió t-ban	Ólom tartalom %/o-ban	1967-es termelés ezer t-ban	1968-as becsült termelés ezer t-ban
Ausztrália	5,4	10,0	8,6	382	385
Ausztria	0,1	—	6,0	6	6
Bulgária	—	—	—	86	78
Csehszlovákia	—	—	—	13	—
Dél-Afrika	—	1,0	7,1	70	—
Észak-Korea	—	—	—	65	—
Írország	0,8	1,0	4,0	62	—
Japán	1,0	1,2	1,6	64	63
Jugoszlávia	1,0	2,0	9,0	108	112
Kanada	8,2	16,0	3,3	308	334*
Kína	—	—	—	90	—
Lengyelország	—	—	—	55*	—
Magyarország	—	—	—	4	3
Mexikó	2,0	6,0	1,3—6,2	168	171
NSZK	2,0	4,7	1,1	59	52
Olaszország	0,9	1,1	2—5	89	87
Peru	2,3	3,0	0,1—15,0	158	—
Románia	—	—	—	40	—
Spanyolország	0,7	1,4	2,5	63	71
Svédország	2,1	2,4	3,3	71	—
Szovjetunió	—	2,4	—	400*	—
USA	14,5	20,0	2,8	288	322
Világ összesen	48,8 t	79,9 t	—	2840	—

4. CINK

Országok	Kimutató földtani készlet millió t-ban	Lehetséges és földtani készlet millió t-ban	Cink tartalom %-ban	1967-es termelés ezer t-ban	1968-as becsült tartalom ezer t-ban
Ausztrália	4,5	11,0	8,7	406	419
Ausztria	0,2	—	8,0	11	9*
Bulgária	—	—	—	79	64*
Észak-Korea	—	—	—	113*	—
Finnország	0,8	2,0	4,5	68	65
Japán	4,4	5,0	6,3	263	264
Jugoszlávia	0,8	1,6	7,0	89	96
Kanada	21,0	35,0	6,2	1133	1117*
Kína	—	—	—	91*	—
Kongó (K)	1,0	2,0	2,0	125	—
Lengyelország	—	—	—	218	—
Magyarország	—	—	—	8	7
Mexikó	3,6	12,0	4,0—13,2	214	234
NSZK	2,7	5,9	7,5	115	130
Olaszország	2,0	2,6	0,8—14,0	115	157
Peru	4,0	6,0	3,0—19,0	318*	—
Spanyolország	4,7	1,4	14,0	58	75*
Svédország	1,4	2,4	2,7	85*	—
Szovjetunió	—	—	—	535*	—
USA	13,6	22,0	4,7	498	478
Zambia	—	1,1	26,4	54	66*
Világ összesen	76,6 t	129,9 t	—	4700*	—

5. ÓN

Országok	Kimutató földtani készlet ezer t-ban	Lehetséges és földtani készlet ezer t-ban	Ón tartalom %-ban	1967-es termelés ezer t-ban	1968-as becsült termelés ezer t-ban
Argentína	—	10	—	2	2*
Ausztrália	150	200	0,3—2,2	6	6
Bolívia	440	850	0,5—2,2	28	29*
Brazília	—	20	0,2—4,0	2	—
Burma	100	300	1,0—1,5	—	—
Dél-Afrika	—	60	0,1—2,0	2	2
Indonézia	550	800	0,1—0,4	14	17
Japán	—	16	0,72	1	—
Kína	2500	5000	—	20	—
Kongó (K)	200	500	0,1—0,3	7	—
Malaysia	600	1200	1,0—3,0	73	—
Mexikó	20	28	—	1	1*
Nagy-Britannia	20	40	1,0	2	2
Nigéria	—	110	—	9	10
Ruanda	20	65	—	1	—
Szovjetunió	—	—	—	25	—
Thaiföld	500	1500	—	23	25
Világ összesen	29 t	5890 t	—	212*	—

D) NEMESFÉMEK

1. ARANY

Országok	Termelés 1967-ben ezer unciában
Ausztrália	627
Brazília	172
Dél-Afrika	30533
Észak-Korea	160
Fidzsi szigetek	111
Fülöp szigetek	500
Ghana	763
India	97
Japán	253
Jugoszlávia	86
Kanada	2962
Kína	50
Kolumbia	258
Kongó (K)	154
Mexikó	181
Nicaragua	178
Peru	95
Rhodézia	550**
Svédország	115**
Szovjetunió	5700
USA	1584
Világ összesen	45610*

2. EZÜST

Országok	Termelés 1967-ben ezer unciában
Ausztrália	19765
Bolívia	4275
Chile	3065
Csehszlovákia	2400
Dél-Afrika	4513
Franciaország	2000
Fülöp szigetek	1396
Honduras	4009
Japán	10833
Jugoszlávia	3075
Kanada	36426
Kongó (K)	1840
Mexikó	37939
NDK	4800
NSZK	2000
Olaszország	1382
Peru	35870
Svédország	4000
Szovjetunió	35000
USA	32119
Világ összesen	260820*

3. PLATINA-CSOPORT

Országok	Termelés 1967-ben ezer unciában
D.-Afrika	828
Japán	6
Kanada	403
Szovjetunió	1900
USA	16
Világ összesen	3154*

E) EGYÉB ÉRCEK

1. ANTIMON

Országok	Reménybeli és földtani készlet e, t-ban	Sb tartalom %-ban	Becsült termelés 1967-ben e. t-ban
Bolívia	400	5—11	11,3
Csehszlovákia	—	—	2,0
Dél-Afrika	250	5—10	12,9
Jugoszlávia	—	—	2,3
Kína	—	—	12,0
Mexikó	200	2—15	3,8
Szovjetunió	—	—	6,4
Thaiföld	20	—	1,0
Törökország	125	4—13	2,0
Világ összesen	1560 t	—	58,4*

2. BERILIUM

		Be tartalom %-ban	
Argentína	65	0,01	
Brazília	208	0,01—0,3	
Dél-Afrika	84	0,01	82
India	22	0,01	4900
Rhodézia	22	0,01	—
Ruanda	—	—	109
Portugália	—	—	86
Szovjetunió	—	—	1180
Világ összesen	521 t	—	6320

3. BIZMUT

Országok	Becsült termelés 1967-ben e. t-ban
Bolívia	495
Franciaország	59
Japán	545
Jugoszlávia	107
Kanada	242
Kína	297
Mexikó	525
Olaszország	12
Peru	765
Svédország	30
Szovjetunió	39
Világ összesen	3120*

4. FLUORIT

Országok	Földtani készlet m. t-ban	Reménybeli és földtani készlet m. t-ban	CaF ₂ tartalom %-ban	Becsült termelés 1967-ben e. t-ban
Dél-Afrika	1,5	11	40—85	98
Franciaország	1	5	60—95	221
Kanada	1,5	5	70—75	80
Kína	—	—	—	254
Mexikó	12,5	21	70	713
Nagy-Britannia	1,5	7	45	—
NSZK	1	4	35	86
Olaszország	1,5	3	35	204
Spanyolország	3	6	60—90	242
Szovjetunió	—	—	—	381
Thaiföld	0,5	1	35	132
USA	12,5	16	40	268
Világ összesen	42 t	86 t	—	2860 t

5. HIGANY

Országok	Reménybeli és földtani készlet e. t-ban	Hg tartalom %-ban	Becsült termelés 1967-ben e. flaskában
Csehszlovákia	—	—	0,9
Fülöp szigetek	2	0,1—0,4	2,6
Japán	2	0,25	4,6
Jugoszlávia	—	—	15,9
Kína	—	—	20,0
Mexikó	15	1,0	23,9
Olaszország	100	0,7	48,0
Peru	2	0,1—0,4	3,0
Spanyolország	400	0,1—3,0	50,0
Szovjetunió	—	—	45,0
Törökország	4	2,0—1,2	3,5
USA	50	0,05—1,0	23,8
Világ összesen	593 t	—	242,0*

6. NIOBIUM—TANTÁL

Országok	Reménybeli és földtani készlet e. t-ban		Nb ₂ O ₅ tart. %-ban	Becsült termelés 1967-ben t-ban		Ta
	Nb ₂ O ₅	Ta ₂ O ₅		Nb	Nb+Ta	
Argentína	—	—	—	—	—	1
Ausztrália	—	1	—	—	—	23
Brazília	6400	9	0,5—3,5	4650	—	203
Dél-Afrika	—	—	—	—	—	5
Kanada	1060	—	0,2—0,5	1908	—	—
Kongó (K)	465	45	1,34	29	—	140
Malaysia	—	—	0,2—0,8	86	—	—
Malgas	—	—	—	—	—	6
Mozambique	—	1	—	—	162	—
Nigéria	430	—	0,28	1935	—	11
Portugália	—	—	—	8	—	45
Ruanda	—	2	—	—	31	—
Spanyolország	—	—	—	—	—	5
Thaiföld	—	—	—	—	50	—
Uganda	600	—	0,2—0,3	—	27	—
Világ összesen	9692 t	70 t	—	—	9360 t	—

7. MAGNEZIT

Országok	Becsült termelés 1967-ben e. t-ban
Franciaország	4
Japán	6
Kanada	8
Kína	1
Nagy-Britannia	4*
NSZK	1
Norvégia	28
Olaszország	7
Szovjetunió	41
USA	88
Világ összesen	183*

F) VEGYIPARI NYERSANYAGOK

1. KÉN (termelésből és más elemből)

Országok	Kimutatott földtani készlet millió t-ban	Lehetséges és földtani készlet millió t-ban	Közepes kéntartalom %-ban	1967-es becsült termelés millió t-ban
Bolívia	3	5	25—65	50
Chile	—	100	55—60	40
Franciaország***	—	—	—	1740
Finnország	—	—	—	76
Japán***	31	68	30	316
Kanada***	—	—	—	2100
Kína***	—	—	—	254
Lengyelország	—	—	—	500
Mexikó	35	110	12—50	1900
NDK	—	—	—	132
NSZK	—	—	—	100
Olaszország	30	40	8—35	86
Spanyolország	2	2	15—30	43
Szovjetunió	—	—	—	1520
USA	60	160	15—20	8340*
Világ összesen	295 t	892 t	—	—

*** = részben földgázból

2. PIRIT

Országok	Földtani készlet m. t-ban	Reménybeli és földtani készlet m. t-ban	S tartalom %-ban	Becsült termelés 1967-ben e. t-ban
Ciprus	5	20	17—48	478
Dél-Afrika	—	—	38—48	220
Észak-Korea	—	—	—	198
Finnország	5	21	23—40	260
Japán	56	111	20—40	1930
Jugoszlávia	—	—	—	177
Kanada	73	73	—	166
Kína	—	—	—	675
Norvégia	14	70	47—48	285
NSZK	17	45	41	235
Olaszország	19	20	44	642
Portugália	7	21	42—53	238
Románia	—	—	—	140
Spanyolország	400	400	46—50	1085
Svédország	16	16	20—70	220
Szovjetunió	—	—	—	1850
USA	10	30	42	360
Világ összesen	764 t	1034 t	—	9900*

3. FOSZFÁT

Országok	Földtani készlet millió t-ban	Reménybeli és földtani készlet millió t-ban	P ₂ O ₅ tartalom %-ban	Becsült termelés millió t-ban 1967-ben
Ausztrália birtokai	120	300	>15	3,4
Brazília	370	600	12—25	0,4
Dél-Afrika	66	76	6—22	1,3
EAK	—	200	12—33	0,6
Észak-Vietnam	—	—	—	1,1
Izrael	100	200	24	0,6
Jordánia	50	220	29—34	1,0
Kína	—	—	—	1,0
Marokkó	1000	21000	26—34	10,5
Szenegál	150	320	24—29	1,1
Szovjetunió	—	—	—	16,4
Togo	50	120	26	1,2
Tunézia	1000	2000	23—30	3,2
USA	7200	14500	18—34	36,0
Világ összesen	13786 t	45299 t	—	97,0*

4. KÁLISÓ

Országok	Kimutatott földtani készlet millió t-ban	Lehetséges és földtani készlet millió t-ban	Közepes K ₂ O tartalom %-ban	1967-es becsült termelés millió t-ban
Franciaország	300	300	18	1780
Izrael	1800	1800	3	400
Kanada	6000	16000	25—30	2200
NDK	—	—	—	2180
NSZK	2000	8600	13—15	2270
Olaszország	10	25	12	250
Spanyolország	270	360	14	470
Szovjetunió	—	—	—	2760
USA	400	925	14—16	3000
Világ összesen	10780 t	28140 t	—	15300*

5. KŐSÓ

Országok	Becsült termelés 1967-ben e. t-ban
Ausztria	425
Brazília	418
Bulgária	150
Csehszlovákia	200
Franciaország	4500
Hollandia	1920
India	5600
Japán	970
Jugoszlávia	168
Kanada	4850
Kína	13000
Lengyelország	2500
Mexikó	3330
Nagy-Britannia	7300*
NDK	2000
NSZK	5100
Olaszország	4100
Románia	2100
Szovjetunió	9500
USA	35400
Világ összesen	101000*

G) ÁSVÁNYBÁNYÁSZATI NYERSANYAGOK

1. FINOMKERÁMIA ANYAG

Országok	Becsült termelés 1967-ben e. t-ban
Argentína	80*
Ausztria	104
Belgium	98
Bulgária	100*
Chile	29
Csehszlovákia	340*
Dél-Korea	100
Görögország	70
India	645
Japán	150
Magyarország	56
Mexikó	78
Nagy-Britannia	2660
NSZK	358
Olaszország	87
Szovjetunió	1720
USA	3380

2. AZBESZT

Országok	Földtani készlet m. t rostban	Reménybeli és földtani készlet m. t rostban	Becsült termelés 1967-ben e. t rostban
Ciprus	—	1	22
Dél-Afrika	2	2	245
Finnország	—	—	12
Kanada	46	70	1310
Kína	—	—	154
Olaszország	1	1	100
Rhodézia	5	11	—
Szváziföld	—	1	38
Szovjetunió	—	—	890
USA	1	4	112
Világ összesen	55 t	94 t	—

3. BARIT

Országok	Reménybeli és földtani készlet m. t-ban	BaSO ₄ tartalom %-ban	Becsült termelés 1967-ben e. t-ban
Észak-Korea	—	—	100
Görögország	4	50—95	—
Írország	3	89	—
Jugoszlávia	—	—	90
Kanada	7	10—90	181
Kína	—	—	100
Lengyelország	—	—	47
Mexikó	4	—	—
NSZK	7	—	—
Olaszország	5	93	155
Peru	1	95	—
Szovjetunió	—	—	260
USA	42	88	867
Világ összesen	140 t	—	2220*

4. FÖLDPÁT

Országok	Becsült termelés 1967-ben e. t-ban
Ausztria	3
Dél-Afrika	25
Dél-Korea	17
Finnország	36
Japán	53
Jugoszlávia	43
Kanada	10
NSZK	297
Norvégia	86
Olaszország	147
Svédország	41
Szovjetunió	238
USA	625
Világ összesen	1620*

5. GRAFIT

Országok	Földtani készlet m. t-ban	Reménybeli és földtani készlet m. t-ban	Becsült termelés 1967-ben e. t-ban
Ausztria	11	11	32
Ceylon	—	20	10
Dél-Korea	5	23	63
Észak-Korea	—	—	75
Kína	—	—	81
Malgas	—	20	16
Mexikó	—	3	—
Norvégia	—	—	8
NSZK	5	5	13
Szovjetunió	—	—	65
Világ összesen	25 t	159 t	317*

6. TALK—PIROFILLIT

Országok	Becsült termelés 1967-ben e. t-ban
Ausztria	79
Dél-Afrika	10
Dél-Korea	122
Észak-Korea	50
Franciaország	195
Japán	1370
Kanada	54
Kína	150
NSZK	32
Norvégia	80
Olaszország	121
Románia	130
Svédország	19
Szovjetunió	370
USA	820
Világ összesen	3640*

A kézirat lezárva 1969. XII. 31-én.

СО Д Е Р Ж А Н И Е

<i>Д-р Корани, Д.:</i> Международное сопоставление методов категоризации запасов природного газа	1
<i>Хеди, И.:</i> Данные к проблематике опробования сырьев промышленности связывающих материалов	9
<i>Д-р Кертес, П.:</i> Проблемы разведки сырья в добыче камней	12
<i>Д-р Силвади, И.:</i> Взаимоотношения в реологическом и грунтово-механическом анализе иллитов	24
<i>Надь, Г.:</i> Квантитативный анализ с электронмикроскопом	27
<i>Лист, Ф.:</i> Возможности применения детекторов-полупроводников в глубинной геофизике	39
<i>Д-р Гондозо, Д.:</i> Применение взрывчатой техники в нескольких гидрогеологических разведочных скважин	43
<i>Мээ, П.:</i> Механизм породоразрушения буровой дроби	47
<i>Ковач, Э.:</i> Определение ориентированного наклона пластов с аналитическими методами, на основе данных скважин Рюкер-14 и 14/а	65
<i>Д-р Бауер, Е.:</i> Балнеогеологические опыты о лечебных ваннах и минеральных водах ГДР	79
<i>Д-р Хан, Д.:</i> Данные о запасах, качестве и продукции важнейших полезных ископаемых в социалистических и капиталистических странах	84

1. ...
 2. ...
 3. ...
 4. ...
 5. ...
 6. ...
 7. ...
 8. ...
 9. ...
 10. ...
 11. ...
 12. ...
 13. ...
 14. ...
 15. ...
 16. ...
 17. ...
 18. ...
 19. ...
 20. ...
 21. ...