

GEONÓMIA és BÁNYÁSZAT

A Magyar
Tudományos Akadémia
X. Föld- és Bányászati
Tudományok Osztályának
Közleményei

12. kötet 4. szám
1979

AKADÉMIAI KIADÓ · BUDAPEST ·



GEONÓMIA és Bányászat

A Magyar Tudományos Akadémia Föld- és Bányászati Tudományok Osztályának Közleményei

FŐSZERKESZTŐ

MARTOS FERENC

SZERKESZTŐ BIZOTTSÁG

BALOGH KÁLMÁN, BERNÁT TIVADAR, CZELNAI RUDOLF,
GRASSELLY GYULA, HOMORÓDI LAJOS, PÉCSI MÁRTON, STEGENA LAJOS,
SZÁDECZKY-KARDOSS ELEMÉR, TÓTH MIKLÓS

SZERKESZTŐ

PÉCSINÉ DONÁTH ÉVA

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

A kéziratok a következő címre küldendők:

1051 Magyar Tudományos Akadémia
Föld- és Bányászati Tudományok Osztályának Közleményei
Budapest V., Münnich Ferenc utca 7.

Ugyanerre a címre küldendő minden szerkesztőségi levelezés.

A közlésre el nem fogadott kéziratokat a szerkesztőség lehetőleg visszajuttatja a szerzőhöz, de felelősséget a beküldött kéziratok megőrzéséért vagy továbbításáért nem vállal.

A Közlemények előfizetési ára kötetenként 84 forint. Belföldi megrendelések az Akadémiai Kiadó (1363 Budapest V., Alkotmány utca 21. Pénzforgalmi jelzőszámunk: 215—11488), külföldi megrendelések a „Kultúra” Külkereskedelmi Vállalat, 1900 Budapest I., Fő utca 32. Pénzforgalmi jelzőszám: 218—10990 útján eszközölhetők.

A Magyar Tudományos Akadémia Föld- és Bányászati Tudományok Osztályának idegen nyelvű kiadványai az *Acta Geologica* és az *Acta Geodetica, Geophysica et Montanistica* c. folyóiratok. E lapok hivatottak a magyar föld- és bányászati tudományok eredményeinek legjavát, egyes kiváló külföldi tanulmányokkal együtt, a külföldnek tolmácsolni. A cikkek angol, német, francia vagy orosz nyelven jelennek meg (lehetőleg a szerző kívánsága szerint), a cikk nyelvétől eltérő nyelvű összefoglalóval. A cikkeket magyar vagy a szerző választotta idegen nyelven (és magyar nyelven) kell a szerkesztőségek címére (1051 Budapest V., Münnich Ferenc u. 7.) beküldeni.

AZ ÁSVÁNYVAGYON ÉS HÍGULÁS ÉRTÉKELÉSE ELOSZLÁSFÜGGVÉNYEK SEGÍTSÉGÉVEL

PETHŐ SZILVESZTER

A MŰSZAKI TUDOMÁNYOK DOKTORA

I. Bevezetés

Egy adott bányamező vagy ásványelőfordulás ásványvagyon részeit és ezek tömeghányadait az 1. táblázat segítségével lehet áttekinteni.

Az első feladat a geológiai készlet meghatározása. Ennek tömegét egy-ségnyinek tekintjük. Azt az általános esetet tárgyaljuk, amikor a geológiai készlet két részből, műrevalóból ($1-F_G(X_h)$) és nem műrevalóból ($F_G(X_h)$) tevődik össze. A megkutatott ásványelőfordulás lehetőség szerint műrevaló részeire feltárási, elővájási és fejtési terveket készítenek. A tervek alapján a termelésre betervezett nyersanyag m_K és a tervezett veszteség m_V tömeghányada megállapítható. A modern bányaművelési technológiák alkalmazásával az X_h műrevalósági határnál való minőség szerinti éles szétválasztást általában nem lehet elérni. Ezért a termelésre betervezett nyersanyag rendszerint tartalmaz nem műrevaló, a tervezett veszteség pedig műrevaló nyersanyagot is. Ezek a táblázatban megfelelő módon jelölve vannak.

A termelésre betervezett és a ténylegesen kitermelt készlet mind mennyiségileg, mind minőségileg különbözik egymástól. Az előre tervezett pillérekből származó nyersanyagnak a termelésbe való bekerülése elkerülhetetlen. Ennek tömeghányada a ténylegesen kitermelt készletre vonatkozóan m_e . Ugyanígy elkerülhetetlen a termelésre betervezett nyersanyagok előre nem tervezett, m_V tömeghányadú vesztesége is. Az elértéktelenedést okozó nyersanyag főleg nem műrevaló, az előre nem tervezett veszteség pedig inkább műrevaló ásványvagyonrészt tartalmaz. Ezért mindkettő hígulást okoz. A ténylegesen kitermelt készlet, mint ahogy a táblázatból is látható, a termelésre betervezett és az elértéktelenedést okozó ásványvagyon összegéből és az ebből levont nem tervezett veszteségből tevődik össze. A termelésre betervezett nyersanyagok a ténylegesen kitermelt készletre vonatkozó tömeghányada m_t .

A következőkben ezeket az ásványvagyonrészeket tömeghányadukkal és eloszlásfüggvényükkel jellemezzük. Kapcsolatukat az 1. táblázat beosztásának megfelelően tárgyaljuk.

Az első részben az eloszlásfüggvények segítségével a geológiai készletnek a termelésre betervezett nyersanyag és az előre tervezett veszteség szerinti szétválasztásának paramétereit tárgyaljuk. A második részben a ténylegesen

1. táblázat

Az ásványvagyონrészek megnevezése és tömeghányada

Az ásványvagyónrészek megnevezése	Az ásványvagyónrészek tömeghányada		
	Műrevaló	Nem műrevaló	Összesen
1	2	3	4
Termelésre betervezett nyersanyag a geológiai készletre vonatkoztatva	m_{K1}	m_{K2}	$m_K = m_{K1} + m_{K2}$
Tervezett veszteség	m_{V1}	m_{V2}	$m_V = m_{V1} + m_{V2}$
Geológiai készlet	$1 - F_G(X_h) = m_{K1} + m_{V1}$	$F_G(X_h) = m_{K2} + m_{V2}$	$1 = m_K + m_V$
Termelésre betervezett nyersanyag a kitermelt készletre vonatkoztatva	m_{t1}	m_{t2}	$m_t = m_{t1} + m_{t2}$
Elértéktelenedést okozó ásványvagyón Nem tervezett veszteség	m_{e1} m_{v1}	m_{e2} m_{v2}	$m_e = m_{e1} + m_{e2}$ $m_v = m_{v1} + m_{v2}$
Ténylegesen kitermelt készlet	$1 - F(X_h) = m_{t1} + m_{e1} - m_{v1}$	$F(X_h) = m_{t2} + m_{e2} - m_{v2}$	$1 = m_t + m_e - m_v$

kitermelt készletnek a termelésre betervezett nyersanyaggal, az elértéktelenedést okozó kőzetekkel és a nem tervezett veszteséggel való kapcsolatát lehet megismerni.

2. A geológiai készletnek a tervezett termeléssel és veszteséggel való kapcsolata

Adott ásványelőfordulás minőségének változását eloszlásfüggvényével [7] és az ún. belső függvény [9] segítségével lehet megadni. Az előfordulás kitermelhető készlete a tervezett átlag minőségtől függ, ami pedig a határminőséggel van kapcsolatban. Ennél rosszabb minőségű kőzetek visszamaradnak, a jobb minőségűeket kitermelik. A határminőség csökkenésével a kitermelhető készlet nagyobb, ennek átlagos minősége a visszamaradt ásványvagyónéval együtt kisebb lesz és fordítva [2].

A határminőséget változóznak tekintve az eloszlásfüggvény segítségével olyan folyamatos függvények vezethetők le, amelyek a visszamaradó ill. a kitermelésre váró készletek tömeghányadainak, átlagos minőségeinek és az értékes alkotók kihozatalainak meghatározását lehetővé teszik [1], [2]. Ilyen-

kor a műrevalósági határminőség pontos, számszerű értékét gazdaságossági szempontok érvényesítésével lehet megállapítani. A nyersanyagelőfordulás ill. annak jobb minőségű részének hasznosítása ugyanis csak akkor indokolt [3], [4], ha használatbavételi költsége a belőle nyerhető termék értékénél kisebb ill. határesetben ezek egyenlők.

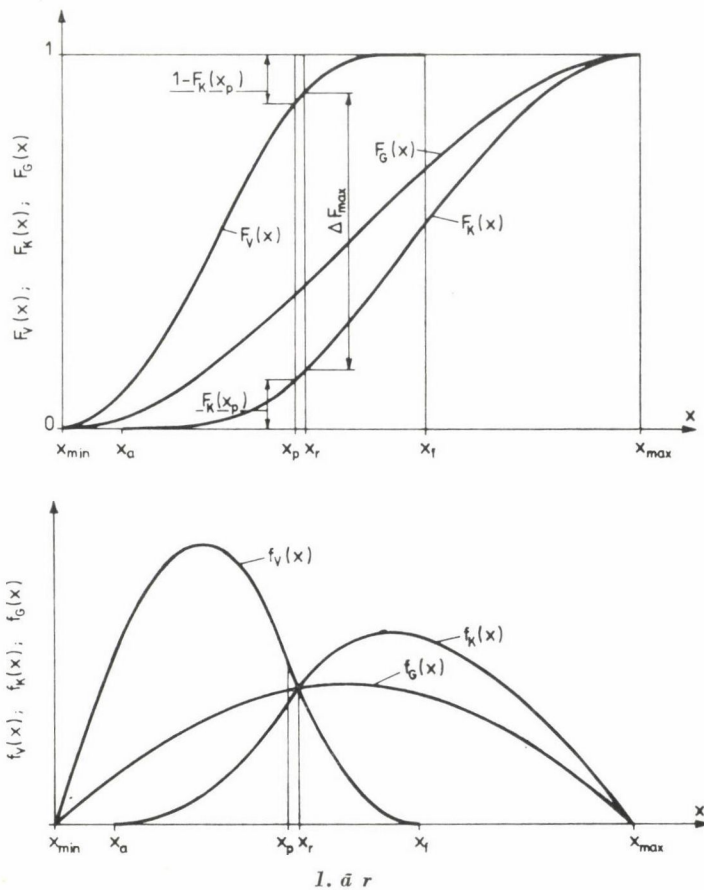
Ezt a műrevalósági határt egzakt módon az előbb említett függvények segítségével lehet megállapítani. A kitermelésre váró készlet és átlagos minőségének függvényében az értékesítési és használatbavételi költségek megtervezhetők. A műrevalósági határt az előbbi két költség különbségének maximumánál kell kijelölni. Az így megállapítható érték az előfordulás leggyengébb minőségével egyenlő vagy nagyobb annál.

A gazdaságossági szempontok alapján meghatározott határminőséget a fejtési rendszerek megtervezésekor azonban nem lehet pontosan betartani. A visszahagyásra ítélt pilléreket lehetőség szerint ugyan a gyengébb minőségű ásványvagyron részekbe telepítik, de természetszerűen ide a műrevalósági határnál jobb minőségű részek is bekerülnek. A bányászati technológiák megtervezése után a visszahagyásra ítélt pillérek és a kitermelésre váró ásványvagyron részek eloszlásfüggvényei is a meglévő adatok alapján felvehetők, tömeghányaduk és átlagos minőségük, továbbá a minőség szerinti szétválasztásra jellemző paraméter értékek meghatározhatók. Ezek a műrevalósági határnál történő éles szétválasztással kapcsolatos értékektől többé-kevésbé eltérnek. A tényleges átlagos minőségekkel kapcsolatban az a gyakoribb, hogy ezek a műrevalósági határ és az eredeti eloszlásfüggvény segítségével megállapítható átlagos minőségeknél rosszabbak.

A következőkben a fejtési rendszereknek a nyersanyagelőfordulás eloszlásfüggvénye segítségével való értékelésével foglalkozunk. Az eloszlásfüggvény felvétele az elővájásokból vett minták értékelése alapján történik. A hazai bauxitbányászatban a sűrűn telepített fúrólyukakból vett minták elemzésével és értékelésével a következő alsóbb szint eloszlásfüggvénye felvehető. Uránbányászatunkban a feltáró vágatokból telepítenek fúrólyukakat, amelyekben a gamma sugárzás intenzitását 10 cm-ként meghatározzák. Ezen mérési adatok segítségével egy-egy fejtési mező minőségének eloszlásfüggvénye meghatározható. Ugyanarra az előfordulásra több fejtési technológia tervezhető. Az ásványelőfordulás egészének változatlan eloszlásfüggvénye mellett mindegyik technológiával kapcsolatban a kitermelésre és visszahagyásra tervezett ásványvagyron részek egymástól különböző eloszlásfüggvénye is felvehető. Ezek felhasználásával alapvető törvényszerűségek és az objektív értékelésre alkalmas mérőszámok állapíthatók meg. Segítségükkel a legkedvezőbb fejtési rendszer, amelynél a kitermelt készlet és minősége a műrevalósági határhoz tartozó értékeket minél jobban megközelíti, kiválasztható.

2.1 A tömegegységre vonatkozó eloszlás- és sűrűségfüggvények és paramétereik

Az 1. ábrán az x -szel jelölt minőség (pl. fémtartalom) függvényében a nyersanyagelőfordulás $F_G(x)$ és $f_G(x)$ eloszlás- és sűrűségfüggvényét, továbbá a kitermelésre ill. visszahagyásra tervezett ásványvagyონrészek $F_K(x)$ és $f_K(x)$ ill. $F_V(x)$ és $f_V(x)$ függvényeit lehet megtalálni [6]. A leggyengébb minőségű ás-



ványvagyón rész x_{\min} , a legjobb minőségű x_{\max} , így az eloszlás terjedelme $R = x_{\max} - x_{\min}$. Ezen az ábrán az x_h műrealvási határ nincsen feltüntetve.

Az általánosítás érdekében olyan fejtési rendszer eloszlás- és sűrűségfüggvényeit ábrázoltuk, amelynél az x_a -nál gyengébb minőségű részek a pillérekbe, az x_f -nél jobb minőségűek pedig kitermelésre kerülnek. Ennek megfelelően a kitermelésre tervezett ásványvagyón eloszlásának terjedelme $R_K = x_{\max} - x_a$, a visszamaradt részé $R_V = x_f - x_{\min}$. Az $x_a < x < x_f$ minőségűek mindkét ásványvagyónrésztbe bekerülnek, így ezek $R_z = x_f - x_a$ különbsége a fejtési

rendszer szétválasztási terjedelme. x_f a szétválasztás terjedelmének felső, x_a pedig alsó határa. Természetesen lehetséges olyan művelési rendszer is, amelynél $x_a = x_{\min}$ és $x_f = x_{\max}$, ilyenkor $R = R_z$.

A pillérekben visszamaradt kőzetek m_V tömeghányada, tehát az előre tervezett fejtési veszteség a sűrűség- és eloszlásfüggvény értékekkel a következő:

$$m_V = \frac{\int_{x_a}^{x_f} f_G(x) dx - \int_{x_a}^{x_f} f_K(x) dx}{\int_{x_a}^{x_f} f_V(x) dx - \int_{x_a}^{x_f} f_K(x) dx} = \frac{F_G(x) - F_K(x)}{F_V(x) - F_K(x)}; \quad x_{\min} < x < x_{\max} \quad (1)$$

Mivel ezek az egyenletek a nyersanyag teljes terjedelmére is érvényesek, ezért a sűrűségfüggvények ill. az eloszlásfüggvények által közbezárt síkrészek hányadosai a fejtési veszteséget adják. A fejtési veszteség az eloszlásfüggvények által közbezárt síkrészek segítségével a következő:

$$m_V = \frac{\int_{x_{\min}}^{x_{\max}} [F_G(x) - F_K(x)] dx}{\int_{x_{\min}}^{x_{\max}} [F_V(x) - F_K(x)] dx} \quad (2)$$

Ezen két egyenlet analógiájára az m_K tömeghányad is kiszámítható.

A három sűrűségfüggvénynek közös metszéspontja van, ennek abszciszszája az x_r paraméter. Az ilyen minőségű ásványvagyონrészek gyakorisága a három nyersanyagban azonos. Itt a három eloszlásfüggvény érintőjének hajlásszöge megegyezik, az $F_V(x)$ és $F_K(x)$ közötti ΔF eloszlás különbség a legnagyobb:

$$\Delta F_{\max} = F_V(x_r) - F_K(x_r) \quad (3)$$

Az eloszlásfüggvényekkel kapcsolatban egy olyan x_p paraméter is kijelölhető, amelyre vonatkozóan az

$$F_K(x_p) = 1 - F_V(x_p) \text{ ill. } F_K(x_p) + F_V(x_p) = 1 \quad (4)$$

egyenlőség érvényes. Az itt szereplő eloszlás értékek

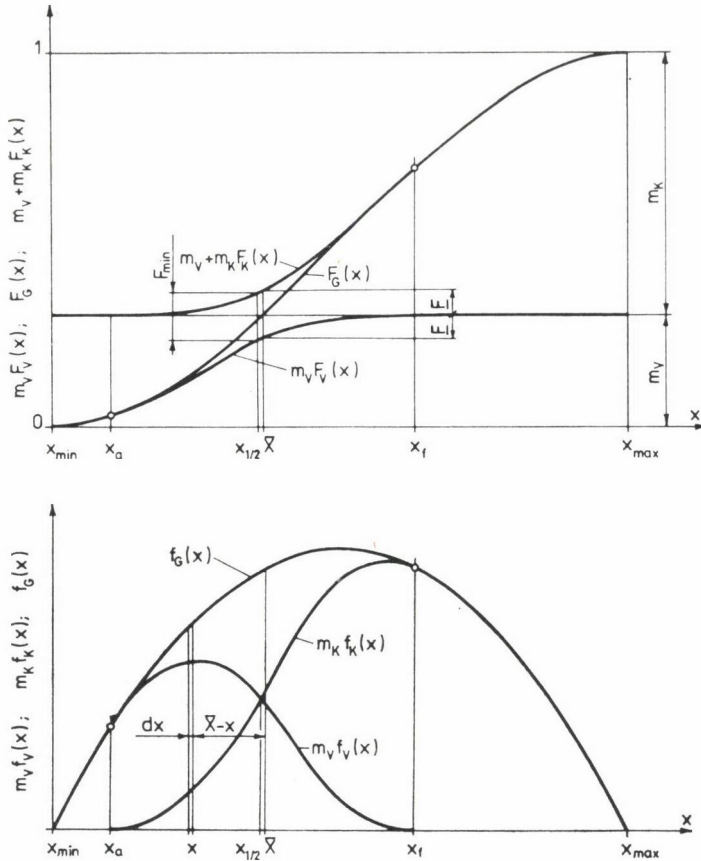
$$F_K(x_p) = \int_{x_a}^{x_p} f_K(x) dx; \quad 1 - F_V(x_p) = \int_{x_p}^{x_f} f_V(x) dx \quad (5)$$

Az x_p paraméternél tehát a pillérekben visszahagyott és a kitermelésre tervezett eloszlás értékek egyenlők.

2.2 A tömeghányadokra vonatkozó eloszlás- és sűrűségfüggvények

A 2. ábrán a tömeghányadokra vonatkoztatott eloszlás- és sűrűségfüggvényeket sajátos ábrázolási módszer szerint tüntettük fel [5], [7]. A geológiai készlet eloszlás- és sűrűségfüggvénye itt is $F_G(x)$ és $f_G(x)$. A pillérekben vissza-

maradó ásványvagyon részeknek $m_V F_V(x)$ az eloszlás és $m_V f_V(x)$ a sűrűségfüggvénye, a kitermelésre betervezett ásványvagyoné $m_V + m_K F_K(x)$ és $m_K f_K(x)$. Mint ahogy látni fogjuk, ez az ábrázolási mód a rendszerszemléletű értékelést jobban elősegíti.



2. ábra

A nyersanyag $f_G(x)$ sűrűségfüggvénye alatti terület egységnyi tömegű

$$\int_{x_{\min}}^{x_{\max}} f_G(x) dx = 1$$

az $m_V f_V(x)$ és $m_K f_K(x)$ sűrűség függvények alatti területrészek az m_V és m_K az ásványvagyon részek tömegkihozatalait adják. Ezek az eloszlásfüggvény ábrán be vannak jelölve és az m_V fejtési veszteséget vízszintes jelzi.

A pillérekben visszamaradó nyersanyag m_V tömegkihozatala a nyersanyag eloszlásfüggvényét metszi, a metszéspont \bar{x} abszcisszája a fejtési rend-

szer szétválasztási paramétere. (Ez az X_h minőségtől általában különbözik: $\bar{X} \cong X_h$.)

Az \bar{X} paraméternél az eloszlásfüggvények közötti különbségek azonosak:

$$\begin{aligned} F &= m_V + m_K F_K(\bar{X}) - F_G(\bar{X}) = F_G(\bar{X}) - m_V F_V(\bar{X}) = \\ &= (1 - m_V) F_K(\bar{X}) = m_V [1 - F_V(\bar{X})] \end{aligned} \quad (6)$$

(Itt figyelembe vettük, hogy a 2. ábra értelmében $F_G(\bar{X}) = m_V$ és $F_K(\bar{X}) = 1 - F_V(\bar{X})$.)

F a fejtési rendszer minőségromlást okozó ásványvagyon hányada. Ez a sűrűségfüggvények segítségével a következőképpen határozható meg:

$$F = \int_{x_a}^{\bar{X}} m_K f_K(x) dx = \int_{\bar{X}}^{x_f} m_V f_V(x) dx \quad (7)$$

Az egyenlet értelmében a sűrűségfüggvény ábrán az F ásványvagyon hányadok azonos nagyságú területrészeket jelentenek.

Az eloszlásfüggvények is jól körülhatárolható síkrészeket fognak közre. Ezek a síkrészek a következők:

$$M_K = \int_{x_a}^{\bar{X}} m_K F_K(x) + \int_{\bar{X}}^{x_f} [m_V + m_K F_K(x) - F_G(x)] dx \quad (8)$$

$$M_V = \int_{x_a}^{\bar{X}} [F_G(x) - m_V F_V(x)] dx + \int_{\bar{X}}^{x_f} [m_V - m_V F_V(x)] dx \quad (9)$$

A két síkrész általában különböző: $M_K \leq M_V$. Összegük $M = M_K + M_V$. A sűrűségfüggvény ábrán a minőségromlást okozó ásványvagyonrészek \bar{X} -re vonatkozó abszolút elsőrendű nyomatékösszege az előbbi M területnek felel meg.

$$\begin{aligned} M &= \int_{x_a}^{\bar{X}} m_K f_K(x) |x - \bar{X}| dx + \int_{\bar{X}}^{x_f} [f_G(x) - m_K f_K(x)] |x - \bar{X}| dx = \\ &= \int_{x_a}^{\bar{X}} [f_G(x) - m_V f_V(x)] |x - \bar{X}| dx + \int_{\bar{X}}^{x_f} m_V f_V(x) |x - \bar{X}| dx \end{aligned} \quad (10)$$

Bizonyítható, hogy a visszahagyott ásványvagyonon x -nél gyengébb ($x_{\min} < x < x_{\max}$), a kitermelt nyersanyag ugyanezen x -nél jobb minőségű tömeghányadainak abszolút elsőrendű nyomatékösszege \bar{X} -nél minimális és a (10) egyenlet pontosan ezt a minimális nyomatékösszeget adja [5], [7].

Az $m_V f_V(x)$ és $m_K f_K(x)$ sűrűségfüggvények egymást metszik, a metszéspont abszcisszája $x_{1/2}$. Mivel az ilyen minőségű nyersanyag fele a pillérekben visszamarad, a másik 50%-a pedig kitermelésre kerül, így $x_{1/2}$ a fejtési rendszer

mediánja. Ennél a paraméternél a visszamaradó ásványvagyon jó minőségű, a kitermelésre kerülő nyersanyag rossz minőségű tömeghányadának F összege minimális:

$$\begin{aligned} F_{\min} &= [m_V - m_V F_V(x_{1/2})] + m_K F_K(x_{1/2}) = \\ &= m_V [1 - F_V(x_{1/2})] + (1 - m_V) F_K(x_{1/2}) \end{aligned} \quad (11)$$

Ha a pilléreket az ásványelőfordulás aránylag leggyengébb minőségű részeiben sikerülne telepíteni, ami gyakorlatilag sohasem lehetséges, akkor a pillérekben visszamaradó nyersanyag eloszlás- és sűrűségfüggvénye az $F_G(x)$ és $f_G(x)$ függvények $R_V = \bar{X} - x_{\min}$, a kitermelt nyersanyagé pedig az $R_K = x_{\max} - \bar{X}$ terjedelmű részével egyezne meg. Ilyen esetben az F , M és F_{\min} paraméterek értéke 0. A pilléreknek a leggyengébb minőségű részekbe való telepítésével a fejtési rendszer minőség szerinti szétválasztása abszolút hatásos. Az abszolút hatásos fejtési rendszer esetén az értékes alkotó veszteség a lehető legkisebb.

A tényleges technológiát reprezentáló eloszlás- és sűrűségfüggvények valamint paramétereiknek az \bar{X} -nél ill. X_h -nál történő abszolút hatásos szétválasztás függvényeivel és paramétereivel való összehasonlítása a célul kitűzött értékelést objektív módon lehetővé teszi. Az összehasonlítás érdekében azonban még szükség van a különböző ásványvagyon részek átlagos minőségeire is.

2.3 Az ásványvagyon részek átlagos minőségei és kapcsolatok

Az átlagos minőségeket és ezek kapcsolatait a 3. ábra segítségével lehet megállapítani. A függvényeket itt is a 2. ábra ábrázolásmódja szerint tüntetük fel. Az ábrán az \bar{X}_h határminőség már fel van tüntetve.

A nyersanyag \bar{X}_G átlagos minősége:

$$\bar{x}_G = \int_{x_{\min}}^{x_{\max}} f_G(x) x dx = \int_{x_{\min}}^{x_{\max}} [1 - F_G(x)] dx \quad (12)$$

Az \bar{X} -nél történő abszolút hatásos szétválasztás $F_G(\bar{X})$ és $1 - F_G(\bar{X})$ tömeghányadú részeinek ($m_V = F_G(\bar{X})$ és $m_K = 1 - F_G(\bar{X})$) \bar{x}_V^{elm} és \bar{x}_K^{elm} átlagos minőségei:

$$\bar{x}_V^{\text{elm}} = \frac{1}{F_G(\bar{X})} \int_{x_{\min}}^{\bar{X}} f_G(x) x dx = \frac{1}{F_G(\bar{X})} \int_{x_{\min}}^{\bar{X}} [F_G(\bar{X}) - F_G(x)] dx \quad (13)$$

és

$$\bar{x}_K^{\text{elm}} = \bar{X} + \frac{1}{1 - F_G(\bar{X})} \int_{\bar{X}}^{x_j} f_G(x) x dx = \bar{X} + \frac{1}{1 - F_G(\bar{X})} \int_{\bar{X}}^{x_j} [1 - F_G(x)] dx \quad (14)$$

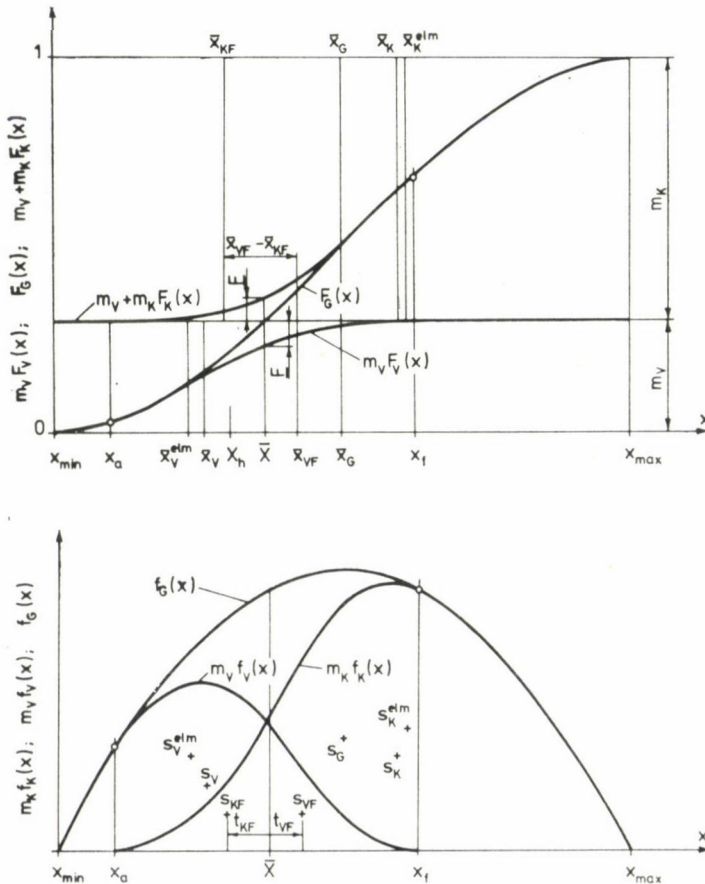
Az X_h műrevalósági határnál történő abszolút hatásos szétválasztás $F_G(X_h)$ és $1 - F_G(X_h)$ tömeghányadának \bar{x}_{G1} és \bar{x}_{G2} átlagos minőségét is az előbbi két egyenletnek megfelelően lehet számítani.

$$\bar{x}_{G1} = \frac{1}{F_G(X_h)} \int_{x_{\min}}^{X_h} f_G(x) x dx = \frac{1}{F_G(X_h)} \int_{x_{\min}}^{X_h} [F_G(X_h) - F_G(x)] dx \quad (15)$$

és

$$\bar{x}_{G2} = X_h + \frac{1}{1 - F_G(X_h)} \int_{X_h}^{x_{\max}} f_G(x) x dx = X_h + \frac{1}{1 - F_G(X_h)} \int_{X_h}^{x_{\max}} [1 - F_G(x)] dx \quad (16)$$

Ezek egyúttal a nem műrevaló és műrevaló ásványvagyon részek átlagos minőségei is.



3. ábra

Az $f_V(x)$ és $f_K(x)$ sűrűségfüggvényekkel ill. $F_V(x)$ és $F_K(x)$ eloszlásfüggvényekkel jellemzett nyersanyagok \bar{x}_V és \bar{x}_K átlagos minőségei a következők:

$$\bar{x}_V = \int_{x_{\min}}^{x_j} f_V(x) x dx = \frac{1}{m_V} \int_{x_{\min}}^{x_j} [m_V - m_V F_V(x)] dx \quad (17)$$

$$\bar{x}_K = x_a + \int_{x_a}^{x_{\max}} f_K(x) x dx = x_a + \frac{1}{m_K} \int_{x_a}^{x_{\max}} [m_K - m_K F_K(x)] dx \quad (18)$$

Az eddigiek alapján is megállapítható, hogy az átlagos minőségek a megfelelő sűrűségfüggvények által meghatározott síkrészek súlypontjainak abszcisszái. Az eloszlásfüggvényekkel két azonos nagyságú területrészt határoznak meg. A súlypontokat a 3. ábrán S_G , S_V^{elm} , S_K^{elm} , továbbá S_V és S_K jelzi.

Az \bar{x}_V és \bar{x}_K minőségeket a következőképpen is ki lehet fejezni:

$$\bar{x}_V = \bar{x}_V^{\text{elm}} + \frac{M}{m_V} \quad \text{és} \quad \bar{x}_K = \bar{x}_K^{\text{elm}} - \frac{M}{m_K} \quad (19)$$

Az itteni egyenletben szereplő M elsőrendű nyomatékösszegek a (8) és (9) ill. a (10) összefüggések értelmében szabálytalan síkrészek. A 3. ábrán az előbbi, (19) egyenletnek megfelelően a szabálytalan síkrészek azonban téglalapokká vannak alakítva. A függőleges oldalak m_V és m_K , a vízszintesek $\bar{x}_V - \bar{x}_V^{\text{elm}}$ és $\bar{x}_K^{\text{elm}} - \bar{x}_K$. A téglalapok területei természetesen egyenlők, ezért az előbbi egyenlet alapján

$$M = m_V(\bar{x}_V - \bar{x}_V^{\text{elm}}) = m_K(\bar{x}_K^{\text{elm}} - \bar{x}_K) \quad (20)$$

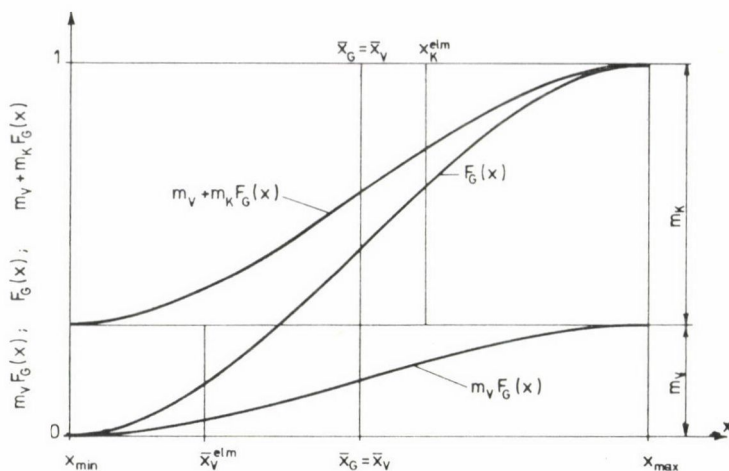
Ebből az egyenletből

$$\frac{m_V}{m_K} = \frac{\bar{x}_K^{\text{elm}} - \bar{x}_K}{\bar{x}_V - \bar{x}_V^{\text{elm}}} \quad (21)$$

Ehhez hasonló összefüggés a nyersanyag \bar{x}_G átlagos minőségével is felírható, ha a kitermelésre váró ásványvagyron és a pillérekben visszamaradt kőzetek minősége a nyersanyagéval megegyezik ($\bar{x}_K = \bar{x}_V = \bar{x}_G$).

$$\frac{m_V}{m_K} = \frac{\bar{x}_K^{\text{elm}} - \bar{x}_G}{\bar{x}_G - \bar{x}_V^{\text{elm}}} \quad (22)$$

Ez az egyenlet a 4. ábra értelmében akkor érvényes, ha a két ásványvagyron rész $F_V(x)$ és $F_K(x)$ eloszlásfüggvénye a nyersanyag $F_G(x)$ eloszlásfüggvényével pontosan megegyezik, tehát a lefejtéssel minőség szerinti szétválasztás nem történt. Az ábrán az $F_G(x)$, $m_V F_G(x)$ és az $m_V + m_K F_G(x)$ eloszlásfüggvények találhatóak meg. Ezek hasonlóak egymáshoz.



4. ábra

(21) és (22) egyenletek összehasonlításával az eddigi átlagos minőségek között összefüggés állapítható meg:

$$\bar{x}_G = \frac{\bar{x}_V \bar{x}_K^{elm} - \bar{x}_K \bar{x}_V^{elm}}{(\bar{x}_V + \bar{x}_K^{elm}) - (\bar{x}_K + \bar{x}_V^{elm})} \quad (23)$$

Mindkét nyersanyagrészen egyaránt minőségromlást okozó F tömeghányadok \bar{x}_{VF} és \bar{x}_{KF} átlagos minőségei (3. ábrán a súlypontok S_{VF} és S_{KF}):

$$\bar{x}_{VF} = \bar{X} + \frac{\int_{\bar{x}}^{x_f} [m_V - m_V F_V(x)] dx}{F} = \bar{X} + t_{VF} \quad (24)$$

és

$$\bar{x}_{KF} = \bar{X} - \frac{\int_{x_a}^{\bar{x}} m_K F_K(x) dx}{F} = \bar{X} - t_{KF} \quad (25)$$

Itt mindkét egyenletben szerepel az \bar{X} kiegyenlítő paraméter és a minőségromlást okozó F tömeghányad. Az egyenletek számlálójában található integrálokat ill. a t_{VF} és t_{KF} távolságokat az $\bar{x}_{VF} - \bar{x}_{KF}$ különbség képzésével ill. (8), (9) és (10) figyelembe vételével értelmezni lehet.

$$\bar{x}_{VF} - \bar{x}_{KF} = \frac{M}{F} = t_{VF} + t_{KF} \quad (26)$$

Igy a két integrál összege az M elsőrendű nyomatékösszeg. (23)-ból

$$M = F(\bar{x}_{VF} - \bar{x}_{KF}) \quad (27)$$

Ezzel az egyenlettel az M szabálytalan síkrész ismét téglalappá van alakítva. A téglalapok függőleges oldalai (3. ábra) az azonos nagyságú F tömeghányadok, a két vízszintes oldal összege ezek átlagos minőségeinek különbsége.

2.4 A veszteségi és hígulási paraméterek

A veszteségi és hígulási paraméterek számba vételét két jól elkülöníthető esetre tárgyaljuk. $X_h \leq x_{\min}$ esetén elég, ha a tényleges és az \bar{X} -nél történő abszolút hatásos szétválasztás paramétereit összehasonlítjuk. $X_h > x_{\min}$ esetén ezt az összehasonlítást nemcsak az \bar{X} -nél, hanem az X_h -nál történő abszolút szétválasztás paramétereivel is el kell végezni.

2.4.1 Veszteségi és hígulási paraméterek $X_h \leq x_{\min}$ esetén

Ha $X_h \leq x_{\min}$, tehát a műrevalósági határ egyenlő vagy kisebb az ásványelőfordulás leggyengébb minőségű részével, akkor a következő mérőszámok használata indokolt (3. ábra).

Az eddigiek szerint m_V a pillérekben visszahagyott, m_K pedig a kitermelésre kerülő nyersanyag hányad. m_V -ét és m_K -t az átlagos minőségek segítségével is meg lehet határozni. Így a fejtési veszteség

$$m_V = \frac{\bar{x}_G - \bar{x}_K}{\bar{x}_V - \bar{x}_K} \quad (28)$$

és a kitermelésre tervezett nyersanyag hányad

$$m_K = \frac{\bar{x}_G - \bar{x}_V}{\bar{x}_K - \bar{x}_V} \quad (29)$$

A két nyersanyag hányad összege 1.

A nyersanyag hányadok átlagos minőségei (\bar{x}_V és \bar{x}_K) az abszolút hatásos szétválasztás $F_G(\bar{X})$ és $1 - F_G(\bar{X})$ tömeghányadaiéval nem egyeznek meg, mivel az F tömeghányadok minőségüket lerontják. Ezért a pillérekben visszamaradt F -et veszteségi, a kitermelt nyersanyagban levőt pedig előre tervezett hígulási mennyiségi paraméternek lehet nevezni. F mindkét ásványvagyron rész minőségét lerontja. (Számítása 7-tel történik.)

A relatív veszteségi (R_V) ill. hígulási (R_K) paraméter F -nek és m_V -nek ill. m_K -nak hányadosa, ezért a minőségromlást okozó relatív mennyiségi paraméterek különbözők:

$$R_V = \frac{F}{m_V} = \frac{\bar{x}_V - \bar{x}_V^{\text{elm}}}{\bar{x}_{VF} - \bar{x}_{KF}} \quad (30)$$

és

$$R_K = \frac{F}{m_K} = \frac{\bar{x}_K^{\text{elm}} - \bar{x}_K}{\bar{x}_{VF} - \bar{x}_{KF}} \quad (31)$$

A két egyenlet értelmében R_V és R_K (20) és (26) egyenletek összehasonlítása után a megfelelő átlagos minőségekkel is megadható F ezen hét utóbbi egyenletből is megállapítható:

$$F = m_V \frac{\bar{x}_V - \bar{x}_V^{elm}}{\bar{x}_{VF} - \bar{x}_{KF}} = m_K \frac{\bar{x}_K^{elm} - \bar{x}_K}{\bar{x}_{VF} - \bar{x}_{KF}} \quad (32)$$

Az eddigi mennyiségi paraméterek nyersanyag hányadokra vonatkoznak. A következőkben a nyersanyag hányadok értékes alkotóit is figyelembe vesszük. Ilyen módon a hígulás minőségi paramétereit lehet meghatározni.

A nyersanyag értékes alkotójának \bar{x}_G -vel arányos tömegéből (pl. a nyersanyagban levő fémből) $m_V \bar{x}_V$ a veszteség és $m_K \bar{x}_K$ a kitermelésre tervezett nyersanyagba kerül. Ezért az értékes alkotó k_V veszteségi tényezője és k_K kihozatala

$$k_V = m_V \frac{\bar{x}_V}{\bar{x}_G} \quad (33)$$

és

$$k_K = m_K \frac{\bar{x}_K}{\bar{x}_G} \quad (34)$$

Könnyű belátni, hogy $k_V + k_K = 1$.

Érdeemes a tényleges fejtési terv értékes alkotóinak tömegét az abszolút hatásosával összehasonlítani. k_{Vh} jelentse az abszolút hatásos és a tényleges műveési rendszerrel visszamaradó értékes alkotó tömegek hányadosát,

$$k_{Vh} = \frac{F_G(\bar{X}) \bar{x}_V^{elm}}{m_V \bar{x}_V} = \frac{\bar{x}_V^{elm}}{\bar{x}_V} \quad (35)$$

k_{Kh} a tényleges valamint az abszolút művelési rendszer segítségével kitermelhető értékes alkotó tömegek aránya,

$$k_{Kh} = \frac{m_K \bar{x}_K}{[1 - F_G(\bar{X})] \bar{x}_K^{elm}} = \frac{\bar{x}_K}{\bar{x}_K^{elm}} \quad (36)$$

A 3. ábrán bejelölt átlagos minőségekből következik, hogy $0 < k_{Vh} \leq 1$ és $0 < k_{Kh} \leq 1$.

A minőségi mérőszámok a mennyiségekkel kapcsolatban vannak. k_V és k_K a fejtési veszteséggel közvetlenül arányos. A két ásványvagyon rész átlagos minőségén keresztül mindegyik minőségi mérőszám a hibás anyaghányadtól és ennek minőségétől nagy mértékben függ.

Az eddigi megismert mérőszámok közül k_V és k_K a legértékesebb. Az a bányaművelési rendszer a leghatásosabb, amelynél a k_V veszteségi tényező minél inkább megközelíti a 0-át, a k_K kihozatal pedig az 1-et. A k_{Vh} és k_{Kh}

kihozataloknak ugyanazon fejtési rendszer pilléreinek a bányamező különböző helyeire való telepítésénél van jelentősége. Ilyenkor a mennyiségi paraméterek a pillérek azonos nagysága miatt változatlanok, de a minőségek különbözők lehetnek. Az alternatívák közül azt kell kiválasztani, amelynél k_{Kh} ill. k_{Vh} az 1-et legjobban megközelíti.

2.4.2 Veszteségi és hígulási paraméterek $X_h > x_{\min}$ esetén

Ebben az esetben mind az m_V , mind az m_K tömeghányadok műrevaló és nem műrevaló részekből tevődnek össze, ha $X_h > x_a$. Ha $x_{\min} < X_h \leq x_a$, akkor az előző, 2.4.1 részben tárgyalt paraméterek használandók. A műrevaló részek $m_V - m_V F_V(X_h)$ és $m_K - m_K F_K(X_h)$ \bar{x}_{Vh} és \bar{x}_{Kh} minőségekkel. A két nem műrevaló rész pedig $m_V F_V(X_h)$ és $m_K F_K(X_h)$, ezek átlagos minősége \bar{x}'_{Vh} és \bar{x}'_{Kh} . (Ezeket az átlagos minőségeket az eddigiek alapján lehet felírni.) Az ásványvagyron részek között a következő összefüggések érvényesek:

$$m_V - m_V F_V(X_h) + m_K - m_K F_K(X_h) = 1 - F_G(X_h) \quad (37)$$

és

$$m_V F_V(X_h) + m_K F_K(X_h) = F_G(X_h) \quad (38)$$

A megfelelő alkotó tömegek közötti összefüggések a következők

$$[m_V - m_V F_V(X_h)]\bar{x}_{Vh} + [m_K - m_K F_K(X_h)]\bar{x}_{Kh} = [1 - F_G(X_h)]\bar{x}_{G1} \quad (39)$$

és

$$m_V F_V(X_h)\bar{x}'_{Vh} + m_K F_K(X_h)\bar{x}'_{Kh} = F_G(X_h)\bar{x}_{G2} \quad (40)$$

Az μ_V tényleges fejtési veszteség a megfelelő műrevaló ásványvagyron részek alapján

$$\mu_V = \frac{m_V - m_V F_V(X_h)}{1 - F_G(X_h)} \quad (41)$$

A kitermelt nyersanyag műrevaló részének és a teljes műrevaló ásványvagyron μ_K hányadosa, tehát a műrevaló ásványvagyron kihozatal

$$\mu_K = \frac{m_K - m_K F_K(X_h)}{1 - F_G(X_h)} \quad (42)$$

(37) és (39) figyelembe vételével ugyanezeket az átlagos minőségekkel is ki lehet fejezni

$$\mu_V = \frac{\bar{x}_{G1} - \bar{x}_{Kh}}{\bar{x}_{Vh} - \bar{x}_{Kh}} \quad (43)$$

és

$$\mu_K = \frac{\bar{x}_{G1} - \bar{x}_{Vh}}{\bar{x}_{Kh} - \bar{x}_{Vh}} \quad (44)$$

(38) és (40) egyenletek segítségével kifejezhetők az μ'_V és μ'_K nem műrevaló ásványvagyon kihozatalok a visszamaradt pillérekben és a kitermelésre váró részben

$$\mu'_K = \frac{m_V F_V(X_h)}{F_G(X_h)} = \frac{\bar{x}_{G2} - \bar{x}'_{Kh}}{\bar{x}'_{Vh} - \bar{x}'_{Kh}} \quad (45)$$

és

$$\mu'_K = \frac{m_K F_K(X_h)}{F_G(X_h)} = \frac{\bar{x}_{G2} - \bar{x}'_{Vh}}{\bar{x}'_{Kh} - \bar{x}'_{Vh}} \quad (46)$$

A nem műrevaló hányad a tervezett termelésben

$$\frac{m_K F_K(X_h)}{m_K} = F_K(X_h) \quad (47)$$

A műrevaló hányad a pillérek által elfoglalt ásványvagyonban

$$\frac{m_V - m_V F_V(X_h)}{m_V} = 1 - F_V(X_h) \quad (48)$$

A visszamaradt pillérekben az F tömeghányad teljes egészében műrevaló, ha $X_h < \bar{X}$. A termelésben az F tömeghányad viszont a nem műrevaló $m_K F_K(X_h)$ és a műrevaló $m_K F_K(\bar{X}) - m_K F_K(X_h)$ részekből tevődik össze.

A (33) veszteséget és (34) kihozatalt a tárgyalt esetben is lehet értelmezni. A nem műrevaló alkotó tömegek figyelembe vétele miatt azonban csak ezek alkalmazása téves értékeléshez vezethet. A következőkben az eddigieknek megfelelően a műrevaló és nem műrevaló alkotó tömegekre vonatkozó kihozatalokat különböztetünk meg.

A műrevaló értékes alkotó \varkappa_V fejtési vesztesége, valamint \varkappa_K kihozatala

$$\varkappa_V = \mu_V \frac{\bar{x}_{Vh}}{\bar{x}_{G1}} = m_V \frac{1 - F_V(X_h)}{1 - F_G(X_h)} \frac{\bar{x}_{Vh}}{\bar{x}_{G1}} \quad (49)$$

és

$$\varkappa_K = \mu_K \frac{\bar{x}_{Kh}}{\bar{x}_{G1}} = m_K \frac{1 - F_K(X_h)}{1 - F_G(X_h)} \frac{\bar{x}_{Kh}}{\bar{x}_{G1}} \quad (50)$$

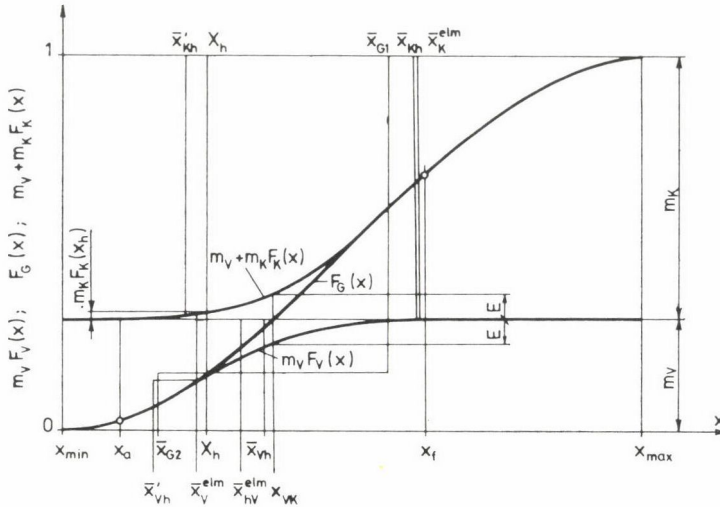
(38) és (40) sorszámú egyenletek alapján a nem műrevaló ásványvagyonban levő alkotó tömegének \varkappa_V kihozatala a visszamaradt pillérekben

$$\varkappa'_V = m_V \frac{F_V(X_h) \bar{x}'_{Vh}}{F_G(X_h) \bar{x}_{G2}} \quad (51)$$

Ugyanennek a kitermelt ásványvagyonban levő α'_V kihozatala előre tervezett hígulást okoz. Ezért előre tervezett hígulási paraméternek is nevezhető.

$$\alpha'_V = m_K \frac{F_K(X_h) \bar{x}'_{Kh}}{F_G(X_h) \bar{x}_{G2}} \quad (52)$$

$$\alpha_V + \alpha_K = 1 \text{ és } \alpha'_V + \alpha'_K = 1.$$



5. ábra

(35)-höz és (36)-hoz hasonlóan a tényleges és abszolút hatásos lefejtés alkotó tömegei a most vizsgált esetben is összehasonlíthatók. Az abszolút hatásos és a tényleges művelés pilléreiben visszamaradó műrevaló alkotó tömegek α_{Vh} hányadosa, ha \bar{x}_{hV}^{elm} az $F_G(\bar{x}) - F_G(X_h)$ tömeghányadú rész minősége

$$\alpha_{Vh} = \frac{F_G(\bar{X}) - F_G(X_h) \bar{x}_{hV}^{elm}}{m_V [1 - F_V(X)] \bar{x}_{Vh}} = [1 - F_K(\bar{x}_h)] \frac{\bar{x}_{Kh}}{\bar{x}_K^{elm}} \quad (53)$$

A ténylegesen kitermelt műrevaló alkotó tömegnek és az abszolút hatásosnak nAr aránya

$$K_{Kh} = \frac{m_K [1 - F_K(X_h)] \bar{x}_{Kh}}{1 - F_G(\bar{X}) \bar{x}_K^{elm}} \quad (54)$$

Amennyiben $x_a < X_h < \bar{X}$, úgy $0 < \alpha_{Vh} < 1$ és ugyanígy $0 < \alpha_{Kh} < 1$.

A nem műrevaló ásványvagyonra az előbbi két mérőszámmal analóg paramétereket is ki lehet alakítani.

A vizsgált esetben a műrevalósági határ a szétválasztási terjedelem alsó határánál nagyobb, de \bar{X} -nél kisebb. (A gyakorlatban legtöbbször ez az eset fordul elő.) Ilyenkor az értékes alkotó termelése szempontjából leghatékonyabb fejtési rendszer kiválasztása több mérőszám egyidejű figyelembe vételével lehetséges. A legtöbb felvilágosítást a műrevaló értékes alkotó κ_K kihozatala ill. ennek komplementere, a κ_V fejtési veszteség nyújtja. Ezen paraméter mellett a nem műrevaló ásványvagyon κ'_V vagy κ'_K kihozatalát is figyelembe kell venni. Ugyanazon fejtési rendszer több alternatívában való megtervezése esetén az eddigieken túlmenően a κ_{Vh} és κ_{Kh} paraméterekkel való értékelés is célravezető. Az értékes alkotó tömegére vonatkozó ezen mérőszámok mellett az ezekkel kapcsolatban levő mennyiségi paraméterek is figyelembe veendőek.

3. A kitermelt ásványvagynak a hígulást okozó és a termelésre betervezett nyersanyagokkal való kapcsolata

A hígulás okairól, ennek következtében előálló mennyiségi és minőségi veszteségekről számos tanulmány és szakkönyv jelent meg. Ezekben a paramétereket az ásványelőfordulás és a kísérőkőzetek átlagos minőségével (pl. fémtartalmával) adják meg.

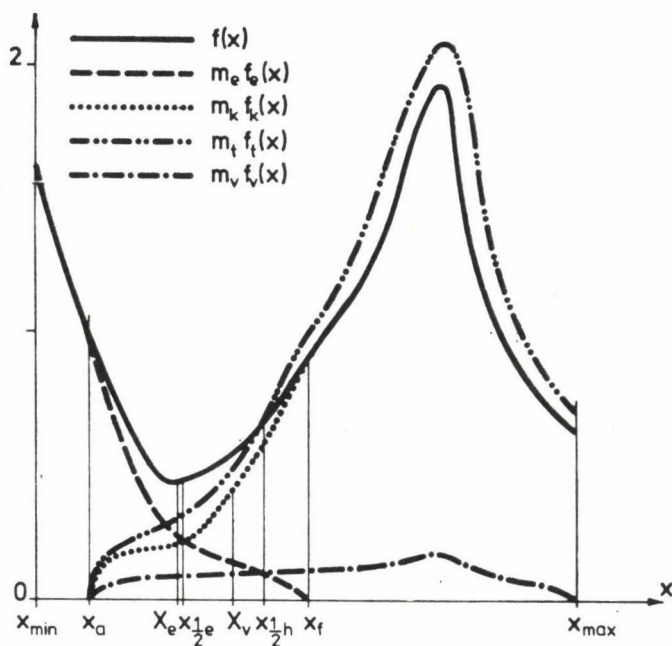
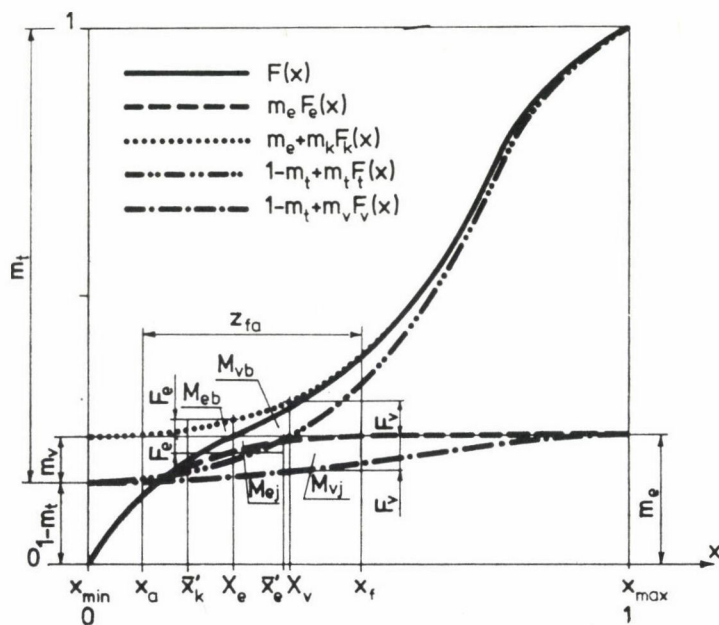
3.1 A kitermelt ásványvagyon részei és ábrázolás módjuk

A kitermelt ásványvagyon, továbbá a termelésre betervezett, az elértéktelenedést okozó nyersanyagot és a nem tervezett veszteséget ebben a részben is eloszlás- és sűrűségfüggvényükkel jellemezzük és kapcsolatukat megkeresjük. Ezáltal a hígulás kérdéséről az eddigieknél mélyebb ismeretünk lesz és mértékét előre tudjuk tervezni. Az ismertetett módszerek segítségével a legkisebb hígulással járó bányaművelési rendszert ki tudjuk választani.

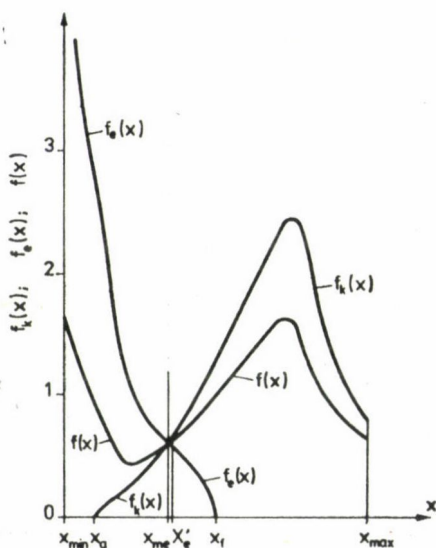
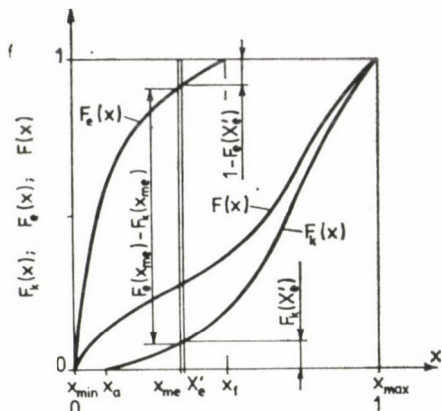
A 6. ábrán a kitermelt ásványvagyon és részeinek csonka sűrűség- és eloszlásfüggvényeit [5], [7], a 7. és 8. ábrán ugyanezek sűrűség- és eloszlásfüggvényeit tüntettük fel [6]. Az ábrák jobb megértését a 2. és 3. táblázatok eloszlás értékei segítik elő. Ezeken az általánosítás érdekében a kitermelt nyersanyag leggyengébb minőségű része $x_{\min} = 0$, a legjobb minőségű pedig $x_{\max} = 1$.

A kitermelt nyersanyag $f(x)$ sűrűségfüggvénnyel és $F(x)$ eloszlásfüggvénnyel van jellemezve, az eloszlás terjedelme $R = x_{\max} - x_{\min}$. A sűrűségfüggvény alatti terület 1, ezért a kitermelt nyersanyag esetében valódi sűrűség- és eloszlásfüggvényről van szó. A 6. ábrán a kitermelt nyersanyagot alkotó ásványvagyon részek sűrűség- és eloszlásfüggvényei itt is ún. csonka függvények, mivel ezek eloszlás értékei a megfelelő tömeghányadokra vonatkoznak.

Az elértéktelenedést okozó ásványvagyon rész a termelésre vonatkozó tömeghányada m_e , csonka sűrűségfüggvénye $m_e f_e(x)$, az eloszlás terjedelme



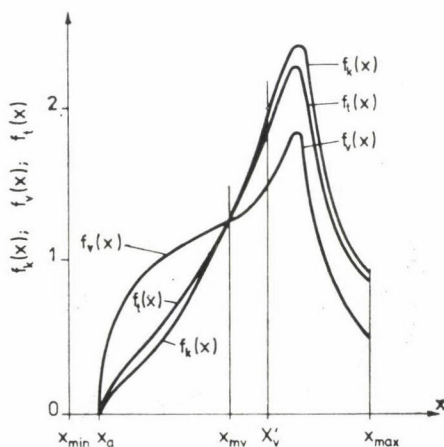
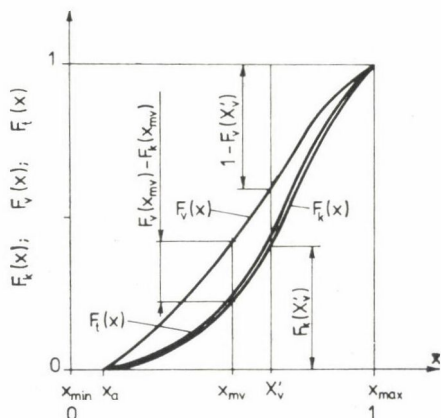
6. ábra



7. ábra

$z_e = x_f - x_{\min}$, x_f ezen nyersanyag rész legjobb minőségű része. Az elértéktelenedést okozó kőzetek kitermelése a fejtési tervben rendszerint nincs előírányozva, elsősorban meddő és nem műrevaló kőzetek alkotják.

A ténylegesen kitermelt és az elértéktelenedést okozó nyersanyag különbsége a lefejtésre betervezett nyersanyag ténylegesen kitermelt része. Ennek tömeghányada $m_k = 1 - m_e$, sűrűségfüggvénye $m_k f_k(x)$, terjedelme pedig $z_k = x_{\max} - x_a$ az ásványvagyon rész leggyengébb minőségű része. Az ábra értelmében a kitermelt nyersanyag x_a -nál rosszabb minőségű része pedig csak a lefejtésre betervezett nyersanyag kitermelt részéből való. A $z_{fa} =$



8. ábra

$= x_f - x_a$ terjedelmű részében viszont mindkét ásványvagyon rész képviselve van.

A lefejtésre betervezett nyersanyag egy bizonyos hányada veszteségként visszamarad. Ennek a kitermelt nyersanyagra vonatkozó tömeghányada m_v , sűrűségfüggvénye $m_v f_v(x)$, terjedelme pedig $z_v = x_{\max} - x_a$. A lefejtésre betervezett ásványvagyon így m_k és m_v tömeghányadú részekből tevődik össze, a teljes tömeghányad $m_t = m_k + m_v$, a sűrűségfüggvény $m_t f_t(x)$, z_t terjedelme rendszerint z_v -vel egyezik meg: $z_t = z_v = x_{\max} - x_a$. Ez az m_t tömeghányad az előző fejezet m_K -jének felel meg, de m_K a geológiai készletre vonatkozott, m_t viszont a kitermelt készletre.

A csonka eloszlásfüggvények a 6. ábrán speciális módon vannak ábrázolva. (Ez az ábrázolásmód a probléma jobb megvilágítása érdekében az eddigiektől eltér.) Az elértéktelenedést okozó nyersanyag rész eloszlásfüggvénye

2. táblázat

A hígulás meghatározásánál figyelembe veendő nyersanyag részek csonka eloszlás értékei

Minőség határok	Kitermelt nyersanyag		Elértéktelenedést okozó nyersanyag		Termelésre betervezettből kitermelésre kerül			Termelésre betervezett nyersanyag			Termelésre betervezettből visszamarad (vesztesség)		
	$\Delta(x)$	$F(x)$	$m_e \Delta_e(x)$	$m_e F_e(x)$	$m_k \Delta_k(x)$	$m_k F_k(x)$	$\frac{m_e + m_k}{m_k F_k(x)}$	$m_l \Delta_l(x)$	$m_l F_l(x)$	$\frac{1 - m_l}{m_l F_l(x)}$	$m_v \Delta_v(x)$	$m_v F_v(x)$	$\frac{1 - m_l}{m_l F_l(x)} + m_v F_v(x)$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
0 — 0,1	0,129	0,129	0,129	0,129	0,—	0,—	0,238	0,—	0,—	0,153	0,—	0,—	0,153
0,1 — 0,2	0,079	0,208	0,063	0,192	0,016	0,016	0,254	0,022	0,022	0,175	0,006	0,006	0,159
0,2 — 0,3	0,046	0,254	0,024	0,216	0,022	0,038	0,276	0,030	0,052	0,205	0,008	0,014	0,167
0,3 — 0,4	0,052	0,306	0,014	0,230	0,038	0,076	0,314	0,047	0,099	0,252	0,009	0,023	0,176
0,4 — 0,5	0,084	0,390	0,008	0,238	0,076	0,152	0,390	0,086	0,185	0,338	0,010	0,033	0,186
0,5 — 0,6	0,103	0,493	0,—	0,238	0,103	0,255	0,493	0,114	0,299	0,452	0,011	0,044	0,197
0,6 — 0,7	0,187	0,822	0,—	0,238	0,142	0,397	0,635	0,154	0,453	0,606	0,012	0,056	0,209
0,7 — 0,8	0,187	0,822	0,—	0,238	0,187	0,584	0,822	0,203	0,666	0,809	0,016	0,072	0,225
0,8 — 0,9	0,103	0,925	0,—	0,238	0,103	0,687	0,925	0,111	0,767	0,920	0,008	0,080	0,233
0,9 — 1,0	0,075	1,000	0,—	0,238	0,075	0,762	1,000	0,080	0,847	1,000	0,005	0,085	$m_e=0,238$
	1,000		$m_e=0,238$		$m_k=0,762$			$m_l=0,847$			$m_v=0,085$		

3. táblázat

A hígulás meghatározásánál figyelembe veendő nyersanyag részek eloszlás értékei

Minőség	$\Delta(x)$	$F(x)$	$\Delta_e(x)$	$F_e(x)$	$\Delta_k(x)$	$F_k(x)$	$\Delta_l(x)$	$F_l(x)$	$\Delta_v(x)$	$F_v(x)$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0 — 0,1	0,129	0,129	0,5420	0,—	0,—	0,—	0,—	0,—	0,—	0,—
0,1—0,2	0,079	0,208	0,2647	0,8067	0,0210	0,0210	0,0260	0,0260	0,0706	0,0706
0,2—0,3	0,046	0,254	0,1009	0,9076	0,0289	0,0499	0,0354	0,0614	0,0941	0,1647
0,3—0,4	0,052	0,306	0,0588	0,9664	0,0499	0,0998	0,0555	0,1169	0,1059	0,2706
0,4—0,5	0,084	0,390	0,0336	1,0000	0,0997	0,1995	0,1015	0,2184	0,1176	0,3882
0,5—0,6	0,103	0,493	0,—	1,—	0,1352	0,3347	0,1346	0,3530	0,1294	0,5176
0,6—0,7	0,142	0,635	0,—	1,—	0,1863	0,5210	0,1818	0,5348	0,1412	0,6588
0,7—0,8	0,187	0,822	0,—	1,—	0,2454	0,7664	0,2397	0,7745	0,1882	0,8470
0,8—0,9	0,103	0,925	0,—	1,—	0,1352	0,9016	0,1311	0,9056	0,0942	0,9412
0,9—1,0	0,075	1,000	0,—	1,—	0,0984	1,0000	0,0944	1,0000	0,0588	1,0000
	1,000	$\bar{x} = 0,5338$	1,0000	$\bar{x}_e = 0,1277$	1,0000	$\bar{x}_k = 0,6606$	1,0000	$\bar{x}_l = 0,6509$	1,0000	$\bar{x}_v = 0,5641$

$m_e F_e(x)$. A lefejtésre betervezett ásványvagyon ténylegesen kitermelt részének $m_k F_k(x)$ eloszlásfüggvényének értékei m_e -vel növelve vannak, tehát az $m_e + m_k F_k(x)$ függvény van ábrázolva. Az m_e tömegkihozatalt vízszintes jelzi. A veszteséget jelentő $m_v F_v(x)$ és a lefejtésre betervezett $m_l F_l(x)$ függvényértékek viszont $(1 - m_l)$ -vel vannak növelve, tehát az $1 - m_l + m_v F_v(x)$ és az $1 - m_l + m_l F_l(x)$ csonka eloszlásfüggvények vannak ábrázolva. A 2. táblázatban ezen speciális ábrázolásmódnak megfelelő eloszlás értékek is megtalálhatók. Az ábrázolásmód a függvények közötti összefüggések és fontos paraméterek megállapítását teszi lehetővé.

A 7. ábrán az $F(x)$, $F_c(x)$ és $F_k(x)$ eloszlásfüggvények ill. $f(x)$, $f_c(x)$ és $f_k(x)$ sűrűségfüggvények, a 8. ábrán pedig az $F_l(x)$, $F_v(x)$ és $F_k(x)$ eloszlásfüggvények ill. $f_l(x)$, $f_v(x)$ és $f_k(x)$ sűrűségfüggvények találhatók meg [6]. Ezek megrajzolásához szükséges eloszlás értékek a 3. táblázatból olvashatók ki. (Mindkét táblázatban az ún. direkt tömeghányadok találhatók meg, amelyeket a megfelelő Δx minőség közökkel osztva, a sűrűségértékeket kapjuk.)

A nyersanyagok átlag minőségei \bar{x} , \bar{x}_e , \bar{x}_k , \bar{x}_l és \bar{x}_v . Ezeket a sűrűség- és eloszlásfüggvény értékekkel egyaránt ki lehet számítani.

Minden ásványvagyonrész két részből, műrevalóból és nem műrevalóból áll. A műrevaló anyaghányadok $1 - F(X_h)$, $1 - F_e(X_h)$, $1 - F_k(X_h)$, $1 - F_l(X_h)$ és $1 - F_v(X_h)$, a nem műrevalók $F(X_h)$, $F_e(X_h)$, $F_k(X_h)$, $F_l(X_h)$ és $F_v(X_h)$. Ugyanezek átlagos minőségei \bar{x}_1 , \bar{x}_{e1} , \bar{x}_{k1} , \bar{x}_{l1} és \bar{x}_{v1} ill. \bar{x}_2 , \bar{x}_{e2} , \bar{x}_{k2} , \bar{x}_{l2} és \bar{x}_{v2} . Ezen utóbbi átlagos minőségek számítási módjára szintén az előző részben találunk útmutatást.

3.2 A függvények és a tömeghányadok közötti alapvető összefüggések

A 6. ábrán található függvények között két olyan alapvető összefüggés van, amely a többi összefüggések és paraméterek levezetését lehetővé teszi. Ez a két alapvető összefüggés a következő:

$$m_e f_e(x) dx + m_k f_k(x) dx = f(x) dx \tag{55}$$

$$m_v f_v(x) dx + m_k f_k(x) dx = m_l f_l(x) dx \tag{56}$$

Ezekből azonnal következik, hogy

$$f(x) dx = m_l f_l(x) dx + m_e f_e(x) dx - m_v f_v(x) dx \tag{57}$$

A függvények akkor is érvényesek, ha a differenciálisnál nagyobb tömeghányadokról van szó. Ilyenkor az integrálási határok az $x_{\max} - x_{\min}$ intervallumban bármilyen értéket felvehetnek. Így érvényesek a következő összefüggések is:

$$m_e \int_{x_{\min}}^{x_{\max}} f_e(x) dx + m_k \int_{x_{\min}}^{x_{\max}} f_k(x) dx = \int_{x_{\min}}^{x_{\max}} f(x) dx \tag{58}$$

Mivel a sűrűségfüggvények alatti területek nagysága 1, ezért az előbbi egyenlet a megfelelő tömeghányadok kapcsolatára is rávilágít:

$$m_e + m_k = 1 \quad (59)$$

Az (56) és (57) sorszámú egyenletek alapján a tömeghányadok közötti további összefüggések

$$m_v + m_k = m_t \quad (60)$$

és

$$m_t + m_e - m_v = 1 \quad (61)$$

Az utóbbi három összefüggést a speciális módon megrajzolt eloszlásfüggvény ábráról (6. ábra) közvetlenül is le lehet olvasni.

Az értékes alkotó tömegek (pl. fémtömegek) a tömeghányadok és ezek átlagos minőségének szorzata. Az előbbi három egyenletnek megfelelően az értékes alkotó tömegek között a következő alapvető összefüggések állapíthatók meg:

$$m_e \bar{x}_e + m_k \bar{x}_k = \bar{x} \quad (62)$$

$$m_v \bar{x}_v + m_k \bar{x}_k = m_t \bar{x}_t \quad (63)$$

és

$$m_t \bar{x}_t + m_e \bar{x}_e - m_v \bar{x}_v = \bar{x} \quad (64)$$

3.3 A tömegkihozatalok és alkotórész kihozatalok az átlagos minőségek alapján

A tömegkihozatalokat és alkotórész kihozatalokat az átlagos minőségek segítségével is meg lehet határozni. (59) és (62) összefüggések felhasználásával az elértéktelenedést okozó nyersanyag m_e tömegkihozatala

$$m_e = \frac{\bar{x} - \bar{x}_k}{\bar{x}_e - \bar{x}_k} \quad (65)$$

Ugyanebből a két összefüggésből az m_k tömegkihozatal is megadható. (60) és (63) egyenletek összehasonlításával a veszteséget okozó nyersanyag m_v és a termelésre betervezett nyersanyag m_t tömegkihozatalának hányadosa

$$\frac{m_v}{m_t} = \frac{\bar{x}_t - \bar{x}_k}{\bar{x}_v - \bar{x}_k} \quad (66)$$

A (60) és (63) egyenletek segítségével az m_k/m_t hányadost is ki lehet számítani.

Az előbbi két egyenletnek (61)-be való helyettesítésével az m_t tömegkihozatal a következő lesz:

$$m_t = \frac{(\bar{x}_e - \bar{x})(\bar{x}_v - \bar{x}_k)}{(\bar{x}_e - \bar{x}_k)(\bar{x}_v - \bar{x}_t)} \quad (67)$$

61) és (64) egyenletek alapján még a következő összefüggést is fel lehet írni:

$$m_v(\bar{x}_t - \bar{x}_v) + m_e(\bar{x}_e - \bar{x}_t) = \bar{x} - x_t \quad (68)$$

A k_e alkotórész kihozatal elértéktelenedést okozó és a kitermelt nyersanyag értékes alkotó tömegeinek hányadosa

$$k_e = m_e \frac{\bar{x}_e}{\bar{x}} = \frac{\bar{x} - \bar{x}_k}{\bar{x}_e - \bar{x}_k} \frac{\bar{x}_e}{\bar{x}} \quad (69)$$

Hasonló megfontolással a k_k kihozatalt is ki lehet számítani. A (66) szerinti tömegkihozatalnak megfelelő k_v/k_t veszteségi hányados, tehát a lefejtett bányamezőben visszamaradt és a termelésre betervezett értékes alkotó tömeg aránya:

$$\frac{k_v}{k_t} = \frac{m_v \bar{x}_v}{m_t \bar{x}_t} = \frac{\bar{x}_t - \bar{x}_k}{\bar{x}_v - \bar{x}_k} \frac{\bar{x}_v}{\bar{x}_t} \quad (70)$$

A k_k/k_t kihozatali hányados kiszámítása ezen egyenletnek megfelelően történik. Végül a k_t kihozatal (67) figyelembe vételével

$$k_t = m_t \frac{\bar{x}_t}{\bar{x}} = \frac{(\bar{x}_e - \bar{x})(\bar{x}_v - \bar{x}_k) \bar{x}_t}{(\bar{x}_e - \bar{x}_k)(\bar{x}_v - \bar{x}_t) \bar{x}} \quad (71)$$

3.4 Tömegkihozatalok és alkotórész kihozatalok a műrevaló és nem műrevaló ásványrészek és alkotó tömegek alapján

A 3.2 részben tárgyalt alapvető összefüggések a műrevaló és nem műrevaló kőzetekre is érvényesek. A (61) sorszámú egyenlet alapján

$$m_t[1 - F_t(X_h)] + m_e[1 - F_e(X_h)] - m_v[1 - F_v(X_h)] = 1 - F(X_h) \quad (72)$$

és

$$m_t F_t(X_h) + m_e F_e(X_h) - m_v F_v(X_h) = F(X_h) \quad (73)$$

Ugyanezek a megfelelő értékes alkotó tömegekkel a (64) egyenlet figyelembe vételével

$$m_t[1 - F_t(X_h)]\bar{x}_{t1} + m_e[1 - F_e(X_h)]\bar{x}_{e1} - m_v[1 - F_v(X_h)]\bar{x}_{v1} = [1 - F(X_h)]\bar{x}_1 \quad (74)$$

és

$$m_t F_t(X_h)\bar{x}_{t2} + m_e F_e(X_h)\bar{x}_{e2} - m_v F_v(X_h)\bar{x}_{v2} = F(X_h)\bar{x}_2 \quad (75)$$

Az (59) és (60) továbbá (62) és (63) egyenletek alapján a műrevaló és nem műrevaló ásványvagyონrészekre és alkotó tömegeire ugyanilyen összefüggések felír-

hatók. Mindezek alapján a 3.3 alcím alatt tárgyalt tömegkihozatalok a műrevaló vagy a nem műrevaló tömeghányadokkal is megadhatók. Pl. a (67) szerinti m_t tömegkihozatal a nem műrevaló tömeghányadokkal

$$m_t = \frac{[F_e(X_h) - F(X_h)][F_v(X_h) - F_k(X_h)]}{[F_e(X_h) - F_k(X_h)][F_v(X_h) - F_t(X_h)]} \quad (76)$$

Ugyanígy a műrevaló és a nem műrevaló alkotó tömegek kihozatalai is az eddigiek alapján kiszámíthatók. k_{e1} alkotórész kihozatal az elértéktelenedést okozó és a kitermelt nyersanyag műrevaló értékes alkotó tömegeinek hányadosa

$$k_{e1} = m_e \frac{[1 - F_e(X_h)] \bar{x}_{t1}}{[1 - F(X_h)] \bar{x}_1} \quad (77)$$

A k_{v1}/k_{t1} műrevaló alkotórész kihozatali hányados

$$\frac{k_{v1}}{k_{t1}} = \frac{m_v[1 - F_v(X_h)] \bar{x}_{v1}}{m_t[1 - F_t(X_h)] \bar{x}_{t1}} \quad (78)$$

A k_{t1} alkotórész kihozatal (71) figyelembe vételével

$$k_{t1} = m_t \frac{[1 - F_t(X_h)] \bar{x}_{t1}}{[1 - F(X_h)] \bar{x}_1} \quad (79)$$

A nem műrevaló alkotó tömegekre vonatkozó kihozatalok ezen utóbbi három egyenletnek megfelelően szintén kiszámíthatók.

3.5 A függvények által meghatározott szétválasztási paraméterek

Az eloszlás- és sűrűségfüggvények metszéspontjai olyan szétválasztási paramétereket határoznak meg, amelyekre vonatkozó tömeghányadok és minőségek a tárgyalt függvények kapcsolatára jellemzők.

3.5.1 A kiegyenlítő paraméterek és mediánok

6. ábrán az m_e tömegkihozatal vízszintese az $F(x)$ és az $1 - m_t + m_t F_t(x)$ eloszlásfüggvényeket metszi. A metszéspontok abszcisszái X_e és X_v , az elértéktelenedés és veszteség kiegyenlítő paraméterei.

Az X_e paraméternél jelentkező F_e tömeghányadokat az előző részben tárgyalt F -hez hasonlóan a következők szerint lehet megadni:

$$F_e = m_k \int_{x_a}^{x_e} f_k(x) dx = m_e \int_{x_e}^{x_f} f_e(x) dx \quad (80)$$

és

$$F_e = \int_{x_a}^{X_e} [f(x) - m_e f_e(x)] dx = \int_{x_a}^{x_j} [f(x) - m_k f_k(x)] dx \quad (81)$$

ill. a megfelelő eloszlásfüggvények segítségével

$$F_e = m_k F_k(X_e) = m_e - m_e F_e(X_e) \quad (82)$$

Az egyenletek értelmében az elértéktelenedést okozó ásványvagyon X_e -nél jobb minőségű és a termelésre betervezett nyersanyag kitermelt részének X_e -nél gyengébb minőségű tömeghányada pontosan megegyezik. A megegyező F_e tömeghányadok a sűrűségfüggvény ábrán síkrészek, az eloszlásfüggvény ábrán pedig ordináta szakaszok.

Az $F(x)$, $m_e F_e(x)$ és az $m_e + m_k F_k(x)$ eloszlásfüggvények ill. az m_e tömegkihozatal síkrészeket zár közébe. Ezek a síkrészek az előbbi F_e tömeghányadok X_e -re vonatkozó abszolút elsőrendű nyomatókai:

$$M_{eb} = m_k \int_{x_a}^{X_e} f_k(x) |x - X_e| dx = \int_{x_a}^{X_e} [f(x) - m_e f_e(x)] |x - X_e| dx \quad (83)$$

ill.

$$M_{eb} = m_k \int_{x_a}^{X_e} f_k(x) dx = \int_{x_a}^{X_e} [F(x) - m_e F_e(x)] dx \quad (84)$$

és

$$M_{ej} = m_e \int_{X_e}^{x_j} f_e(x) |x - X_e| dx = \int_{X_e}^{x_j} [f(x) - m_k f_k(x)] |x - X_e| dx \quad (85)$$

ill.

$$M_{ej} = \int_{X_e}^{x_j} [m_e - m_e F_e(x)] dx = \int_{X_e}^{x_j} [m_e + m_k F_k(x) - F(x)] dx \quad (86)$$

Az $M_e = M_{eb} + M_{ej}$ elsőrendű nyomatókösszeg az előbbi egyenletek figyelembe vételével a következő formában adható meg:

$$M_e = F_e(\bar{x}'_e - \bar{x}'_k) \quad (87)$$

Ebben az egyenletben \bar{x}'_e és \bar{x}'_k az előbbi F_e anyaghányadok átlagos minőségei. Ezekkel a minőségekkel az elsőrendű nyomatókat reprezentáló szabálytalan síkrészek négyszögesítve vannak: a négyzögek függőleges oldalai az egymással megegyező F_e hibás anyaghányadok, a vízszintes oldalak $\bar{x}'_e - X_e$ és $X_e - \bar{x}'_k$, amelyek rendszerint különböznek egymástól.

Az X_v kiegyenlítő paraméternél a hibás anyaghányad F_v az elsőrendű nyomatókösszeg $M_v = M_{vb} + M_{vj}$. Ezek felírása az előbbi egyenletekhez hasonlóan történik. Az elsőrendű nyomatókösszeget

$$M_v = F_v(\bar{x}'_v - \bar{x}'_k) \quad (88)$$

alakban is fel lehet írni. Ennek megfelelően az eloszlásfüggvény ábrán jelentkező síkrészek itt is négyszögesíthetők. (Ez az ábrán nincsen bejelölve!)

A megfelelő sűrűségfüggvények ($m_e f_e(x)$ és $m_k f_k(x)$ ill. $m_e f_v(x)$ és $m_k f_k(x)$) sok esetben metszik egymást, a metszéspont abszcisszája a medián. Az $m_e f_e(x)$ és $m_k f_k(x)$ függvények metszéspontjának abszcisszája $x_{1/2e}$, az elértéktelenedés mediánja. Az $m_e f_v(x)$ és $m_k f_k(x)$ függvények a 6. ábrán nem metszik egymást, de természetesen a két sűrűségfüggvénynek más esetben van metszéspontja. (Ezen metszéspont abszcisszáját, tehát a veszteség mediánját $x_{1/2v}$ -vel célszerű jelölni.)

A megfelelő sűrűségfüggvények által meghatározott területrészek összegének, így az

$$F = m_k \int_{x_a}^x f_k(x) dx + m_e \int_x^{x_f} f_e(x) dx \quad (89)$$

területösszegnek $x = x_{1/2e}$ -nél minimuma van. A minimális területösszeg $F_{1/2e}$. Az $m_k F_k(x)$ és $m_e F_e(x)$ eloszlásfüggvények közötti távolság az elértéktelenedés mediánjánál a legkisebb, a minimális távolság $F_{1/2e}$. (Ez a 6. ábrán nincsen bejelölve.)

Az (57)-es összefüggésből következik, hogy $m_e f_e(x) = m_v f_v(x)$ esetén $f(x) = m_t f_t(x)$. Így ezen a helyen az előbbi sűrűségfüggvények metszik egymást, a két metszéspont $x_{1/2h}$ abszcisszája azonos. A függvények által meghatározott minimális területrészek a következők:

$$F_{1/2h} = m_v \int_{x_a}^{x_{1/2h}} f_v(x) dx + m_e \int_{x_{1/2h}}^{x_f} f_e(x) dx \quad (90)$$

és

$$F_{1/2t} = m_t \int_{x_a}^{x_{1/2h}} f_t(x) dx + \int_{x_{1/2h}}^{x_{\max}} f(x) dx \quad (91)$$

$x_{1/2h}$ a hígulás mediánja. A paraméter további tulajdonságait a „3.6 A hígulási függvény és paraméterei” című részben tárgyaljuk.

3.5.2 A relatív kiegyenlítő paraméterek és relatív mediánok

Ezeket a paramétereket az eloszlás- és sűrűségfüggvényekkel kapcsolatban lehet értelmezni. A 7. ábrán, mint már említve volt, az $F_e(x)$, $F_k(x)$ és $F(x)$ eloszlásfüggvények ill. az $f_e(x)$, $f_k(x)$ és $f(x)$ sűrűségfüggvények, a 8. ábrán pedig az $F_v(x)$, $F_k(x)$ és $F_t(x)$ eloszlásfüggvények ill. az $f_v(x)$, $f_k(x)$ és $f_t(x)$ sűrűségfüggvények vannak feltüntetve [6].

A 7. ábrán az eloszlásfüggvényekkel kapcsolatban létezik egy olyan X'_e paraméter, amelynél fennáll az

$$F_k(X'_e) = 1 - F_e(X'_e) \text{ ill. az } F_k(X'_e) + F_e(X'_e) = 1 \quad (92)$$

egyenlőség. E szerint a termelésre betervezett nyersanyag kitermelt részének X'_e -nél gyengébb és az elértéktelenedést okozó nyersanyag ugyanennél jobb minőségű tömegeloszlása megegyezik. Ezen tulajdonság miatt X'_e az elértéktelenedés relatív kiegyenlítő paramétere. Az előbbi tömegeloszlásokat a sűrűségfüggvények segítségével a következőképpen lehet megadni:

$$F_k(X'_e) = \int_{x_a}^{X'_e} f_k(x) dx \quad (93)$$

és

$$F_e(X'_e) = \int_{X'_e}^{x_j} f_e(x) dx \quad (94)$$

A 7. ábrán a három sűrűségfüggvénynek közös metszéspontja van, amelynek x_{me} relatív medián az abszcisszája. Ennél a paraméternél az $f_k(x)$ és $f_e(x)$ sűrűségfüggvények által meghatározott területszekciók összegének (F_{me}) minimuma van:

$$F_{me} = \int_{x_a}^{x_{me}} f_k(x) dx + \int_{x_{me}}^{x_j} f_e(x) dx = F_k(x_{me}) + [1 - F_e(x_{me})] \quad (95)$$

Ez azt is jelenti, hogy az $F_e(x)$ és $F_k(x)$ eloszlásfüggvények közötti távolságnak a relatív mediánál $F_e(x_{me}) - F_k(x_{me})$ -vel maximuma van és a három eloszlásfüggvény iránytangense azonos.

A 6. ábrán x_{me} -nél (ez nincs az ábrán feltüntetve) a megfelelő sűrűségértékek aránya a tömeghányadokat adja:

$$m_e = \frac{m_e f_e(x_{me})}{f(x_{me})} \quad \text{és} \quad m_k = \frac{m_k f_k(x_{me})}{f(x_{me})} \quad (96)$$

A 8. ábrán a veszteség X'_v relatív kiegyenlítő paramétere és x_{mv} relatív mediánja jelentkezik. Ezen szétválasztási paraméterekre vonatkozóan a 7. ábrával kapcsolatban megismert összefüggések szintén érvényesek.

3.6 A hígulási függvény és paramétere

A gyakorlati életben célszerű minden fejtési mező esetében a termelésre betervezett és a kitermelt nyersanyag eloszlásfüggvényeit felvenni és összehasonlítani. E két nyersanyag eloszlásfüggvényének felvétele, ellentétben az elértéktelenedést és veszteséget okozó nyersanyagával, különös nehézséget nem okoz.

A kitermelt és a termelésre betervezett nyersanyag sűrűség- és eloszlásfüggvényének ismeretében önként kínálkozik a függvényértékek különbségeinek képzése. A $h(x)$ és $H(x)$ különbségek a hígulási függvényt határozzák

meg:

$$h(x) = f(x) - m_t f_t(x) = m_e f_e(x) - m_v f_v(x) \quad (97)$$

$$H(x) = F(x) - m_t F_t(x) = m_e F_e(x) - m_v F_v(x) \quad (98)$$

A (97) egyenletben $h(x)$ a sűrűségfüggvény, (98)-ban $H(x)$ pedig az eloszlásfüggvény értékek különbségét jelenti. A két egyenletet (57) figyelembe vételével lehet felírni. Így tehát azt is meg lehet állapítani, hogy a hígulási függvényt az értéktelen és a veszteséget okozó nyersanyag sűrűség- és eloszlásfüggvényeinek különbsége is meghatározza. Ezen két utóbbi függvény tulajdonságaiból következik, hogy a $h(x)$ sűrűségfüggvény érték különbségek, különösen jobb minőségek esetében negatív számok is lehetnek és az eloszlásfüggvény értékek különbsége is ennek megfelelően változik.

A felírt függvények jól kifejezik, hogy a hígulás kétféle módon, elértéktelenedés és veszteség révén következik be. Az elértéktelenedést okozó nyersanyag lehet meddő vagy pedig igen nagy hányada a műrevalósági határnál rosszabb minőségű. Ennek a kitermelt nyersanyagba való bekerülésével a tömeg megnövekszik, az átlag minőség csökken. Hígulást okoz a kitermelésre betervezett nyersanyag veszteség része is. Ennek minősége a termelésre betervezett nyersanyagával többé-kevésbé megegyezik. A veszteség révén a kitermelt nyersanyag tömege csökken, minősége a termelésre betervezethez képest lehet jobb, rosszabb vagy éppen változatlan.

4. táblázat

Hígulási függvény eloszlás értékeinek számítása

Minőség	Kitermelt nyersanyag		Termelésre betervezett nyersanyag		Hígulási függvény eloszlás és sűrűség értékei		
	$\Delta(x)$	$F(x)$	$m_t \Delta_t(x)$	$m_t F_t(x)$	$\Delta(x) - m_t \Delta_t(x)$	$H(x) = F(x) - m_t F_t(x)$	$h(x)$
1	2	3	4	5	6	7	8
0 — 0,1	0,129	0,129	0,—	0,—	0,129	0,129	1,29
0,1—0,2	0,079	0,208	0,022	0,022	0,057	0,186	0,57
0,2—0,3	0,046	0,254	0,030	0,052	0,016	0,202	0,16
0,3—0,4	0,052	0,306	0,047	0,099	0,005	0,207	0,05
0,4—0,5	0,084	0,390	0,086	0,185	—0,002	0,205	—0,02
0,5—0,6	0,103	0,493	0,114	0,299	—0,011	0,194	—0,11
0,6—0,7	0,142	0,635	0,154	0,453	—0,012	0,182	—0,12
0,7—0,8	0,187	0,822	0,203	0,656	—0,018	0,166	—0,16
0,8—0,9	0,103	0,925	0,111	0,767	—0,008	0,158	—0,08
0,9—1,0	0,075	1,000	0,080	0,847	—0,005	0,153	—0,05

1,000

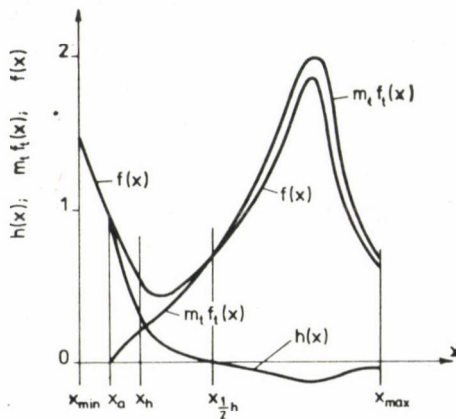
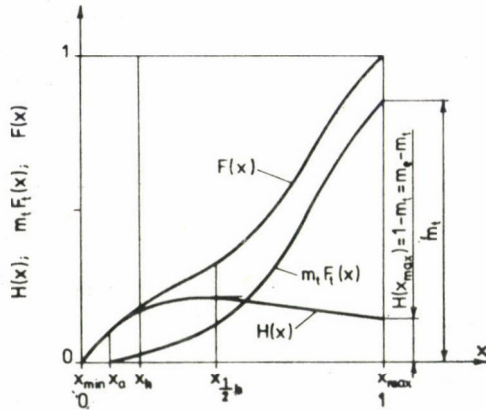
$m_t = 0,847$ $m_e - m_v = 0,153 = 1 - m_t$ $x_h = -0,1147$

A hígulási függvénynek az eddigiek értelmében a következő tulajdonságai vannak.

A 4. táblázatban a hígulási függvényértékek kiszámításának módját lehet megtalálni. A táblázatban a kitermelt és a termelésre betervezett nyersanyag direkt és eloszlás értékei majd különbségei szerepelnek. A direkt különbségek-ből a sűrűség érték különbségek (8. oszlop) az ismert módon számíthatók ki. Ezen értékekkel megrajzolt $h(x)$ és $H(x)$ függvények az $f(x)$ és $m_t f_t(x)$ ill. $F(x)$ és $m_t F_t(x)$ függvényekkel együtt a 9. ábrán láthatók.

Az $x_a - x_{\min}$ intervallumban a $h(x)$ és $H(x)$ hígulási függvények a kitermelt nyersanyag $f(x)$ és $F(x)$ függvényeivel együtt haladnak. Ez annyit jelent, hogy ebben az intervallumban a hígulás csak elértéktelenedés révén következett be.

$x_{1/2h}$ -nál (ez a hígulás mediánja) a $h(x)$ függvény értéke 0, a $H(x)$ -nek itt maximuma van. Ennél a paraméternél, mint ahogy már erről szó volt, a



9. ábra

kitermelt és a termelésre betervezett nyersanyag sűrűség függvényei metszik egymást és az eloszlásfüggvények iránytangensei megegyeznek. A hígulást $x_{1/2h}$ -nál gyengébb minőségek területén inkább az elértéktelenedés, jobb minőségeknél pedig inkább a veszteség okozza.

Az x_f minőségi határt (az elértéktelenedést okozó nyersanyag legjobb minősége) a kitermelt és a termelésre betervezett nyersanyag sűrűség- és eloszlásfüggvényéből nem lehet megállapítani. Az eddigiek alapján azonban megállapítható, hogy $x_a < x_{1/2h} < x_f$.

Az x_{\max} -hoz tartozó $H(x_{\max})$

$$H(x_{\max}) = m_e - m_v = 1 - m_t \quad (99)$$

a hígulással kapcsolatos tömeghányad változás. A 9. ábrán $H(x_{\max})$ pozitív érték. Lehet negatív szám is, ha $m_v > m_e$ ill. ha $1 < m_t$. Ebben az esetben a $H(x)$ függvény is metszi az abszcissza tengelyt $x_{H(0)}$ -nál, ami a hígulási függvénynek egy újabb paramétere.

A megismert paraméterek (x_a , $x_{1/2h}$, x_f , $H(x_{\max}) = m_e - m_v = 1 - m_t$, $x_{H(0)}/\bar{x}_h$ minőséggel együtt jellemzők a hígulás mértékére. \bar{x}_h a hígulási függvényvel számítható átlagos minőség. Értelmezését a következő részben lehet megtalálni.

3.7 A hígulási függvényrel kapcsolatos tömeg és alkotórész kihozatalok

Attól függően, hogy az X_h műrevalósági határ kisebb, ill. egyenlő vagy pedig nagyobb x_{\min} -nél ($X_h \leq x_{\min}$ vagy $X_h > x_{\min}$), a hígulással kapcsolatos paraméterek a következőképpen alakulnak.

3.7.1 Tömeg és alkotórész kihozatalok $X_h \leq x_{\min}$ esetén

A ténylegesen kitermelt ásványvagyon m tömeghányada a termelésre betervezett ásványvagyonhoz képest az m_t tömeghányad reciproka:

$$m = \frac{1}{m_t} = \frac{\bar{x}_t - \bar{x}_h}{\bar{x} - \bar{x}_h} \quad (100)$$

Az itt szereplő \bar{x}_h átlagos minőség a hígulási függvény segítségével számítható ki. Célszerű a sűrűségfüggvény értékekkel számolni:

$$\bar{x}_h = \frac{1}{H(x_{\max})} \int_{x_{\min}}^{x_{\max}} h(x)(x - x_{\min}) dx \quad (101)$$

$x_h \geq 0$ attól függően, hogy

$$\int_{x_{\min}}^{x_{1/2h}} h(x)(x - x_{\min}) dx \geq \int_{x_{1/2h}}^{x_{\max}} h(x)(x - x_{\min}) dx$$

Mivel m értéke a kitermelt és termelésre betervezett nyersanyag eloszlásfüggvényeinek felvételével ismert, ezért az \bar{x}_h minőség (100)-ból is meghatározható:

$$\bar{x}_h = \frac{\bar{x}_t - m\bar{x}}{1 - m} \quad (102)$$

(100) és (102) egyenletek szerint \bar{x}_h valódi átlag minőségként viselkedik, pedig negatív érték vagy 0 is lehet. Ha veszteség nincsen, \bar{x}_h az elértéktelenedést okozó kőzetek átlagos minősége. Ezért ez a paraméter a tömeghányad változás minőségét képviseli. Az értékes alkotó k kihazatala (pl. a fémkihazatal)

$$k = m \frac{\bar{x}}{\bar{x}_t} \quad (103)$$

Mindkét alapvető paraméterre érvényes, hogy $m \geq 1$ és $k \geq 1$. Ha az elértéktelenedést okozó ásványvagyon a veszteségnél nagyobb, akkor $m > 1$, ha pedig értékes alkotó tömege is nagyobb a veszteség által képviseltnél, akkor k is nagyobb 1-nél.

3.7.2 Műrevaló ásványvagyon és az alkotó tömegek kihazatala $X_h > x_{\min}$ esetén

Ebben az esetben a ténylegesen kitermelt és a termelésre betervezett nyersanyagok eloszlásfüggvényeinek ismeretében értelmezhetők a műrevaló és nem műrevaló ásványvagyon részek, továbbá ugyanezek alkotó tömegeinek kihazatalai is.

A műrevaló ásványvagyon μ kihazatala a tényleges termelésben tervezetthez képest

$$\mu = m \frac{1 - F(X_h)}{1 - F_t(X_h)} \quad (104)$$

a nem műrevalóé pedig μ'

$$\mu' = m \frac{F(X_h)}{F_t(X_h)} \quad (105)$$

A tényleges termelés műrevaló alkotó tömegének a tervezetthez viszonyított κ kihazatala,

$$\kappa = \mu \frac{\bar{x}_1}{\bar{x}_{t1}}, \quad (106)$$

a nem műrevaló ásványvagyon részek alkotó tömegeinek κ' kihazatala pedig

$$\kappa' = \mu' \frac{\bar{x}_2}{\bar{x}_{t2}} \quad (107)$$

3.7.3 A módszerek és mérőszámok alkalmazásáról

Az előző részekben megismert módszereket és mérőszámokat egy-egy bányamező leművelése után a tervezett és tényleges termelés tömegeinek és eloszlásfüggvényeinek ismeretében lehet alkalmazni. Ezen túlmenően segítségükkel a minőség rendszeres figyelése esetén a nem kívánatos hígulás még a lefejtés során megakadályozható.

A módszerek és mérőszámok a tervezett fejtési rendszernek az adott körülmények közötti hatékonyságáról nyújtanak felvilágosítást és az összehasonlításra is lehetőséget adnak. Így a tervezett fejtési rendszer műrevaló ásványvagyónának és ennek értékes alkotó tömegének kihozatalát továbbá a közvetlen környezetből a nem műrevaló kőzetek bekerülésének mértékét és ezek alapján az átlagos minőségeket lehet megállapítani. A nem műrevaló kőzetek alatt itt a műrevalósági határnál gyengébb minőségű részeket, továbbá a meddő mellékkőzeteket kell érteni. Ez utóbbiak a kitermelt nyersanyagot sokkal jobban hígítják és a további felhasználás szempontjából káros, csak speciális, sokszor drága ásványelőkészítési technológiával eltávolítható ásványokat is tartalmazhatnak.

A megismert mérőszámok közül a legfontosabbak a hígulás által létrehozott $H(x_{\max})$ tömeghányad változás, ennek \bar{x}_h átlagos minősége továbbá a (103) ill. a (106) és (107) szerinti alkotórész kihozatalok. Ezek a megismert többi paraméterekkel kapcsolatban vannak.

4. Összefoglalás és néhány következtetés

Egy-egy bányamező előkészítése során szisztematikus formában olyan mintavétel módszert célszerű kifejleszteni, amellyel az értékes alkotó szerinti eloszlás megállapítható. Lehetnek olyan esetek is, amikor a káros alkotót képviselő ásvány eloszlásának ismeretére is szükség van. Ezután a bányamezőre fejtési technológiai terveket készítenek. Egy-egy bányamezőre különböző technológiák tervezhetők, de ugyanazt a pillérek különböző helyen való elhelyezésével többféleképpen is ki lehet alakítani. Mindegyik fejtési rendszerrel kapcsolatban célszerű a termelésre betervezett és a pillérekben visszamaradt nyersanyag eloszlás- és sűrűségfüggvényét felvenni. Jelen tanulmány első részében olyan paraméterek találhatók meg, amelyek segítségével a legnagyobb értékes alkotó kihozatal és a legkevesebb nem műrevaló kőzet termelését biztosító fejtési rendszer kiválasztható. Más mérőszámok alkalmazásával egyéb szempontok is érvényesíthetők. Így pl. ugyanazon fejtési rendszernek több változatban való elkészítése esetén a leghatékonyabb kiválasztható.

A tanulmány második részében a hígulás kérdésével foglalkozunk. A megismert módszerek és paraméterek alkalmazásának előfeltétele a tervezett és tényleges termelésnek, valamint ezek eloszlásfüggvényeinek ismerete.

A ténylegesen kitermelt nyersanyag eloszlása a termelésre betervezettével általában nem egyezik meg. A termelésre betervezett nyersanyaggal kapcsolatban hígulás lép fel. Ez kétféle módon következik be. A termelésre betervezett nyersanyag egy kisebb része veszteségként főleg a fejtési térségekben visszamaradhat. A ténylegesen kitermelt nyersanyagba az ismert okok következtében értéktelen meddőközetek vagy a műrevalósági határnál gyengébb minőségű nyersanyag részek kerülhetnek.

A veszteségként visszamaradt és az elértéktelenedést okozó nyersanyag részek eloszlásának felvétele általában komoly nehézségek ill. nagy anyagi áldozatok révén lehetséges. Ezzel szemben a bányamezőből ténylegesen kitermelt nyersanyag minőség szerinti eloszlásának felvétele különösebb nehézséget nem okoz. Egy-egy bányamező termelésre betervezett és kitermelt nyersanyagának eloszlásából a hígulási függvény állapítható meg. A hígulási függvény paramétereivel a kivitelezett fejtési rendszer az adott körülmények között az értékes alkotó ill. a nem műrevaló kőzetek kitermelése tekintetében értékelhető. A paraméterek a hígulás szakszerű tervezéséhez segítséget nyújtanak. Ezeket a legmegfelelőbb bányászati technológia megválasztásánál is figyelembe kell venni.

A veszteségként visszamaradt és az elértéktelenedést okozó nyersanyag eloszlását időnként mégis célszerű felvenni. Így a hígulás okairól mélyebb ismereteket lehet szerezni és az elkerülhető hígulás kiküszöbölhető. A tanulmány második részében ezen eloszlásoknak a termelésre betervezett és a ténylegesen kitermelt nyersanyag függvényeivel való kapcsolatait és a további értékelést elősegítő mérőszámokat is meg lehet találni.

A tanulmányban szereplő átlagos minőségeket, tömeg- és alkotórész kihozatalokat és egyéb paramétereket a gazdaságossági értékelésnél közvetlenül fel lehet használni. Mivel az értékelés a leggazdaságosabb bányaművelési rendszer kiválasztását is mindig lehetővé teszi, ezért az itteni módszerek és paraméterek a számítógépes folyamatirányítás alapjait képezik.

IRODALOM

1. PETHŐ, SZ.—J. PATVAROS—L. BENKE: Partitioning of probalistic distributions and the parameters of the partitioned distribution. *Acta Geodæt., Geophys. et Montanist. Acad. Sci. Hung.*, **1—2**, 65—94, 1978.
2. PETHŐ SZ.—PATVAROS J.: Ásványelőfordulások eloszlásfüggvényeinek matematikai-statisztikai vizsgálatáról. *Tatabányai Szénbányák Műszaki-Közgazdasági Közleményei*, **3—4**, 134—148, 1975.
3. TÓTH M.—FALLER G.: A műrevalósági vizsgálatok és az ásványvagyongazdálkodás alapjai. *Budapesti Műszaki Egyetem Továbbképző Intézete előadásorozatából*, Budapest, 4962, 1975.
4. KUN B.: Az NME által elfogadott doktori értekezés. Miskolc, Kézirat, 1968.
5. PETHŐ, S. — S. SMIRNOW: Übergangsfunktionen und Kennwerte aufbereitungstechnischer Trennvorgänge. *Glückauf-Forschungshefte*, **37**, 216—224, 1976.
6. PETHŐ, S.—Š. ŠMIRNOW: Neuere Grundsätze der Wertung der Trennprozesse. *Aufbereitungs-Technik*, **3**, 1977.

7. PETHŐ SZ.—ORTUTAY M.: Szétválasztási műveletek minősítése. Építőanyag, XXIX, 6, 254—258, 1977.
8. HOVÁNYI L.—FÜST A.: Geodézia és bányászati geometria II. (Bányászati geometria). Kézirat. Tankönyvkiadó, Budapest, 1978.
9. MANTHERON, G.: La théorie des variables regionalisées et ses applications. Les Cahiers du Centre de Morphologie Mathématique de Fontainebleau, édité par E. N. S. des Mines de Paris, 1971.

EVALUATION OF THE MINERAL RESOURCES AND THEIR DILUTION BY USING DISTRIBUTION FUNCTIONS

By

S. PETHŐ

A b s t r a c t

When a mineral deposit is characterized by a function of the distribution of the content of a component or another qualitative parameter, the technologies of mining exploitation can even be interpreted as a concentration and pre-treatment measure. This way a number of relationships and parameters can be established by which the extraction technologies may be rendered more efficient than has been hitherto the case. The introduction of the so-called dilution function will enable both the designers and exploiters of a mine to compare unambiguously the various mining extraction technologies from the viewpoint of the recovery of the useful raw mineral substance.

ОЦЕНКА ЗАПАСОВ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ И ИХ РАЗЖИЖЕНИЯ ПРИ ПОМОЩИ ФУНКЦИЙ РАССЕЙВАНИЯ

С. ПЕТЁ

Р е з ю м е

При характеристике месторождений полезных ископаемых соответствующей функцией распределения содержания в них полезного компонента или других качественных параметров технологии разработки месторождений можно толковать даже как приемы подготовки минерального сырья к его переработке. Таким образом можно установить ряд взаимосвязей и параметров, позволяющих повысить эффективность технологий добычи сырья, по сравнению с эффективностью, достигнутой до сих пор. Введение так называемой функции разжижения позволит сравнить различные горнодобывающие технологии с точки зрения разработки полезного ископаемого как в стадии проектирования, так и в стадии разработки.

A NAGYOLVADÁSPONTÚ RITKAFÉMEK GEOKÉMIAI SAJÁTÓSÁGAI ÉS TERMÉSZETES ELŐFORDULÁSAINAK FŐBB TÍPUSAI¹

VOGL MÁRIA

AZ MTA LEVELEZŐ TAGJA

A nagyolvadáspon­tú ritka fémek kategóriájába a gyakorlati szempontú csoportosítás a következő elemeket sorolja: Ti, Zr, Hf, V, Nb, Ta, Mo, W, Re. Ezek az elemek az ún. „hosszú periódusos rendszer” IV., V. és VI. oszlopában találhatók közvetlen egymás alatt, jelezve azt, hogy atomszerkezeti felépítésük rokonsága indokolja kémiai, fizikai-kémiai hasonlóságukat.

Nem meglepő, hogy a fenti elemek geokémia­ilag is szoros rokonságot mutatnak, hiszen a geokémiai sajátosság szintén a kémiai és fizikai jelleg függvénye. A kémiai és fizikai tulajdonságok szabják meg, hogy egy elem a földtörténeti események sorozatában hogyan viselkedik. Az atomszerkezeti, pontosabban főként az elektronhéj szerkezeti hasonlóságok a földtörténeti folyamatokban a rokon elemeket együttesen gyűjtik, vagy azonos módon szórják szét.

Ha arra a kérdésre keresünk választ, hogy adott kémiai elem, vagy elem­együttes milyen földtani folyamat során és milyen geofázisban ér el az átlagosnál nagyobb koncentrációt, továbbá arra, hogy remélhető-e a hazai földtani adottságaink mellett ipari dúsulása, akkor ismernünk kell az elem (elemcsoport) geokémiai viselkedését a fontosabb földtani ciklusokban. Jelen esetben vizsgálódásunkat a címben megjelölt elemcsoportra kell kiterjesztenünk. Vizsgál­nunk kell az egész csoport együttes, analóg viselkedését, majd keresni azokat a finomabb különbségeket, melyek egyes elemek esetében mégis bizonyos elkülönüléseket eredményeznek.

A nagyolvadáspon­tú ritkaelemek csoportja a Goldschmidt-féle klasszikus geokémiai elemcsoportosítás szerint a litofil elemek közé tartozik, egyetlen kivétel a Mo, melyet GOLDSCHMIDT a sziderofilek családjába utalt. A Mo-nek ez utóbbi besorolása azonban mind a periódusos rendszerben való helyzeténél fogva, mind a döntő geokémiai jellege alapján vitatható.

SZÁDECZKY (1954) megtartva a Goldschmidt-féle elemcsoportosítási rendszer főbb vonásait, azt jelentékenyen továbbfejlesztette és a „litofil” csoportot alcsoportokra osztotta: szoros értelemben vett litofilekre, nehéz pegmatofil elemekre, könnyű pegmatofil elemekre és szedimentofil elemekre. A könnyű pegmatofil (vagy átmeneti) elemek közé tartozónak tekintette a Ti, V és Cr

¹ A VII. Ritkafém Konferencián (Budapest, 1979. jún. 7.) elhangzott előadás

csoportot, a nehéz pegmatofilek csoportjába sorolta az Y és Rf-eket, az aktinidákat továbbá a Zr, Hf, Nb, Ta, Mo és W elemeket. A SZÁDECZKY által tehát általánosságban pegmatofilnek nevezett csoport tagjai, mint látható, nagyrészt megegyeznek az általunk tárgyalt elemekkel (1. ábra). A nehéz pegmatofil elemek csoportjába SZÁDECZKY a Mo-t is behelyezte, viszont a Mn-t, GOLDSCHMIDTtel ellentétben, nem. A V és Ti a könnyű pegmatofilek közé került.

I. II. III. IV.																				1	2					
3	4	5	6																	7	8	9	10			
Li	Be	B																		15	16	17	18			
11	12	13	14																							
				V.	VI.	VII.																				
19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36									
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn																				
37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54									
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo																					
55	56	57-71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86									
Cs	Ba	Rf	Hf	Ta	W																					
87	88	89-96	99	100	101	102	103																			
Fr	Ra	Ac																								



1.



2.

1. ábra. A nagyolvadáspontú elemek elhelyezkedése a hosszúperiódusos rendszerben. 1. A GOLDSCHMIDT-féle litofil elemek; 2. a SZÁDECZKY-féle pegmatofil elemcsoport

Kívánatos a „pegmatofil” megnevezés geokémiai értelmezése. A magma kristályosodása során a kezdeti- és főkristályosodás termékeiben a fenti elemcsoport elenyésző mértékben fordul csak elő, a kristályosodás előrehaladottabb szakaszában (pegmatitos, pneumatolitos fázis) szerepük megnövekszik és ez a megnövekedett szerep indokolja, hogy a litofil elemek nagy családjából kiemeljük őket.

A vizsgálódásunk tárgyát képező elemcsoport tagjainak földkéregbeli gyakorisága általában igen kicsi.

Az alábbi táblázatban nemcsak a földkéregbeli átlageloszlásukat (*klark*) tüntettük fel, hanem azt is, hogy a különböző kőzettípusokban mennyi az átlagkoncentrációjuk (ppm-ben). A táblázat TUREKIAN és WEDEPOHL (1961), VINOGRADOV (1961) és TAYLOR (1964) adatai alapján készült.

Mint az adatokból látható, a Ti kivételével a felsorolt elemek mind a „ritka” elemek kategóriájába tartoznak, földkéregbeli átlaguk (*klark*) nem éri el a 200 ppm-t. A Ti viszont egyes képződménytípusokban az 1%-os átlagkoncentrációt is eléri. Ismeretes, hogy a földkéreg felépítésében résztvevő 10 főelem között a Ti sorrendben a tizedik helyen áll. Az is megfigyelhető, hogy a különböző kőzettípusokban az egyébként rokon jellegű elemek viszonylagos koncentrációja sok esetben eltérő.

A táblázat adatai mindenki előtt nyilvánvalóvá teszik, hogy ilyen kis koncentrációban jelen levő elemek megtalálása a földtani kutatás számára

1. táblázat

Elem	Klark	Ultra-bázisos kőzetekben ppm	Bázisos kőzetekben ppm	Gránitok		Üledékes kőzetek		
				Ca-dús	Ca-szegény	agyag	homok	karbonát
				változat ppm					ppm
Ti	5700	7200	6000	3400	2300	4600	4400	150
Zr	165	45	140	140	175	160	220	19
Hf	3	0,6	2	2,3	3,9	2,8	3,9	0,3
V	135	40	250	88	44	130	20	20
Nb	20	16	19	20	21	11	0,1	0,3
Ta	2	1	1	3,6	4,2	0,8	0,0X	0,0X
Mo	1,5	0,3	1,5	1,0	1,3	2,6	0,2	0,4
W	1,5	0,8	0,7	1,3	2,2	1,8	1,6	0,6
Re	0,00X	—	—	—	—	—	—	—

nem könnyű feladat. Elméleti ismeretek és gyakorlati tapasztalatok nélkül pl. Re-t vagy Ta-t találni reménytelen feladat lenne. Ismernünk kell, hogy mely földtani folyamat során, milyen kémiai, kristálykémiai, fizikai, termodinamikai, sőt biológiai tényezők hatására következik be egyik, vagy másik ritkaelem jelentékeny dúsulása.

Figyelemmel a pegmatofil elemcsoportra, tekintsük át vázlatosan a földtani folyamatok főbb ciklusait és figyeljük, hogy ezek során hol nyílik alkalom egyik vagy másik ritkaelem dúsulására.

A magmafolyamatokat tekintet leggyakrabban a ciklus első szakaszának, bár elvileg akármelyik folyamatot lehetne az első helyre állítani, mert bizonyos mértékig visszatérő ciklusokról van szó, ha nem is termodinamikai értelemben vett körfolyamatokkal állunk szemben. E ciklusok java része nyílt rendszerű és heterogén jellegű folyamat.

A magma fejlődése a Si-ban legszegényebb összetételtől kiindulóan a fokozatosan savanyodó, Si-ban egyre dúsuló magma-összetétel irányában történik. A magmaösszetétel fokozatos változásának fő okai a gravitációs differenciáció és a kristályosodás következtében beálló differenciáció.

A kristályosodáskor a magmában levő ritka elemek sorsát az dönti el, hogy az éppen keletkező kristályszerkezetekbe méreteik alapján beleférnek-e? Ha beépülnek, ez csak ritkán kedvez jelentékenyebb dúsulásuknak, mert a nyomelemek helyettesítőként rendszerint csak igen szórványosan fordulnak elő, így inkább szóródásuk, mint dúsulásuk következik be.

Vannak azonban egyes ritkább ásványok, ilyenek pl. a biotitok, a cirkon, a molibdenit, a monacit, az ortit stb., melyek gyűjtői egyes ritka elemeknek és ezen ásványok dúsítmányaiban ipari koncentrációt is elérhetnek.

A ritka elemek szempontjából a magmakristályosodás különösen figyelemre méltó fázisa a vízdús maradék-magma, mert ez gyűjtője azon nagyméretű atomoknak, melyeknek az eddigiek során nem volt módjuk a kristályosodási termékekbe beépülni. A maradék-magma első kristályosodási terméke a pegmatitos fázis (ebben dúsul e bennünket érdeklő elemcsoport), majd a pneumatolitos- és a hidrotermális fázis.

Ezzel lezártuk a ciklus első szakaszát és rámutattunk az elemcsoportunk elsődleges dúsulási helyére.

A magmás kristályosodás után a történések sora nem áll meg, a magmás kőzetekkel különböző hatásokra változások történnek.

A föld mélyebb rétegeiben bekövetkező kőzetátalakulások, metamorfózisok bennünket gyakorlati szempontból kevésbé érdekelnek, annál inkább azonban azok az események, melyek a földfelszínen, vagy annak közelében történnek, mert ezek nagymértékű anyagvándorlással járhatnak. A felszíni folyamatok, ilyenek a mállás, az erózió, a denudáció az ásvány helyváltozásához, sőt gyakran megbontásához, átalakításához vezetnek és a bennük levő ritka elemek sorsa a kialakult új körülményektől függ. Azon ritkaelem-hordozó ásványok, melyek nagy fajsúlyuknál, durva szemcsézettségüknel fogva a mechanikai anyagmozgatásnak, oldhatatlanságuk következtében pedig az oldatban való szállításnak is ellenállnak, alkalmas helyeken (folyómeder, tengeröblök, stb.) összegyűlnek és ún. torlatos telepeket képeznek és sok esetben kiváló ritkaelem gyűjtőhelynek bizonyulnak.

Elemcsoportunknak főként azon elemei, melyek a természetben változó vegyértékűek, rendszerint a vizes szállítás hatásának kitéve vándorútra kelnek. Vándorlásuk során több meghatározó esemény befolyásolhatja sorsukat. Például adszorbeálódhatnak agyagásványokon, megkötődhetnek szerves komplexekben, a kémiai környezet megváltozása miatt a vizes oldatukból hidroxidok, vagy szulfidok alakjában kicsapódhatnak. E folyamatok dúsító tényezőként működnek és előidézői lehetnek hasznosítható ritkaelem lelőhelyek képződésének.

Összegezőképpen tehát megállapíthatjuk, hogy a pegmatofil elemek a magmafolyamatok során eleinte nagyjából együtt jelentkeznek, de felszíni hatásokra újtjuk később gyakran elválík.

Az általános megállapítások után térjünk rá a csoport egyes elemeinek sajátosságaira.

A *titán* a magmás kőzetekben leggyakrabban ilmenit (FeTiO_3) alakban van jelen. Mivel a 6-os koordinációban levő Al-t helyettesíteni képes, ezért beépülhet biotitokba, piroxénekbe és amfibolba. Nem fordul elő muszkovitban, valószínűleg azért, mert a kovasavdús magmából inkább titanit (CaTiSiO_5) alakban válik ki. A Ti a magma utókristályosodása során inkább oxidok alakjában fordul elő. Bázisos alkáli kőzetek pegmatitjában rendszerint nagyméretű rutilkristályok alakjában van jelen.

Egyes gabbroidális kőzettípusokban a Ti jelentősen feldúsulhat. Ilyen pl.: hazánkban a Bükk hegységi (Szarvaskői) wehrlit, melynek átlagos TiO_2 tartalma 10–12%. A wehrlit vastartalma Fe-ben megadva 24–26%, emellett 0,15% V-t és 0,5% Mn-t tartalmaz. Sajnos ennek a kőzettípusnak a feltárása igen nehéz, ezért a kinyerési technológia sok problémát jelentene. A wehrlit hasznosítása — melyre 1946-ban folytak ugyan kísérletek — nem minősült gazdaságosnak. Az ércettest tömegének eddigi becslései alapján ez a lelőhely mintegy 80 ezer tonna fém Ti-t rejt magában. Ez a Ti tartalom elveszti a jelentőségét, ha megnézzük, hogy a feldolgozásra kerülő bauxitjaink mennyi Ti-t tartalmaznak. Durva számítás szerint ennyi Ti tartalom 4 év alatt gyűlhetne össze a feldolgozásra kerülő bauxitokból.

A bazaltos kőzettípusainknak is az átlagos értéket valamivel meghaladó a TiO_2 tartalma. Különösen a balatonfelvidéki Tátika csoportba sorolt bazaltok tűnnek ki viszonylag nagy, átlagosan 2,3% TiO_2 tartalmukkal.

A primér kőzetek mállásakor a Ti ásványai az oldódási folyamatoknak ellenállnak és a mállási termékekbe eredeti ásványaik alakjában, főleg ilmenit és rutil (TiO_2) alakban kerülnek. Sok esetben torlatos rezisztitek formájában több más ellenálló ásvány társaságában feldúsulnak.

Különös szerepe van a Ti ásványoknak a bauxittelepekben. BÁRDOSSY (1977) rámutatott, hogy a különböző korú bauxittelepekben a titánásványok viszonylagos aránya változó. Bennünket leginkább a hazánkban nagy mennyiségben előforduló krétakorú karsztbauxit érdekel, ebben az anatóz és a rutil ásványok az uralkodóak (az összes titánásvány 95%-át képezik), az ilmenit alárendeltebb szerepű.

Sok elemzés statisztikus értékeléséből az adódott, hogy TiO_2 tartalomban a monohidrátos halimbai, nyírádi és izamajori bauxitfajták kis kovasavtartalmú típusai a leggazdagabbak.

Megemlítendő még, hogy torlatos telepekből titanomagnetit alakban sok helyen nyernek ki titánt.

A *cirkóniumot* és a *hafniumot* együttesen érdemes vizsgálni, mert a geokémiai kapcsolatuk olyan szoros, hogy ásványaikban még az arányuk is alig változik. A hafniumnak önálló ásványa nincs, a gránitos kőzetek cirkon ásványában a $\text{Zr} : \text{Hf}$ arány = 0,027.

A magmás kőzetek közül az alkáli gránitok, az alkáli trachitok és a nagy Na tartalmú riolitok tartalmazzak legtöbb Zr-t és Hf-t. Az utómagmás fázisban, különösen a pegmatitok 600 °C körül képződő fázisaiban dúsulnak.

Már a régebbi szakirodalomban is utalást találunk arra, hogy a Mecsek hg. egyes bázisos kőzettípusaiban (bátaapáti bosztonit) a Zr-ásványok dúsulnak.

Az újabb vizsgálatok szerint (SZEDERKÉNYI T., 1970) a Mecsek hg-i vörös színű bosztonitokban átlagosan 1000 ppm Zr tartalom mutatható ki, de nem ritka a 2000 ppm Zr tartalom sem. Ezzel a ténnyel összefügghet az, hogy

a mecseki alsóliász kőszenes összletekben erősen dúsul a Zr. A szénhamuk átlagos Zr tartalma 3900 ppm, néhol azonban a Zr tartalom az 50000 ppm-t is eléri.

A primér magmás kőzetek mállásakor a cirkónium ásványai, főként a cirkon ($ZrSiO_4$), a felszíni hatásoknak ellenállnak és bekerülnek változás nélkül az üledékösszletbe. Az üledékek további földtani történései során (vízi szállítás, kémiai változások, fajsúly szerinti osztályozódás stb.) a cirkon más nehézfajsúlyú és rezisztens ásványokkal együtt feldúsulhat és ún. torlatos telepeket képezhet. Ezek megkeresésében főként az ősföldrajzi viszonyok rekonstrukciója nyújthat támpontokat. Ha arra a kérdésre akarunk válaszolni, lehet-e hazánkban cirkónium és hafnium dúsulásra számítanunk, akkor a lehetőséget nem kell elvetnünk. Eltekintve az említett Mecsek hg-i koncentrálódástól számítani lehet torlatos telepek lehetőségével is. Ezek megtalálása azonban nem bízható a véletlenre, hanem célirányos kutatással, külföldi analógiák alapján és elméleti megfontolásokkal lehetne nyomukra akadni.

A vanádium geokémiailag a Zr-nal, a Ti-al és a vassal áll szoros kapcsolatban. A természetben leggyakrabban 3-as 5-értékű alakban fordul elő. Három értékű formájában a bázisos magmatitok, főként a gabbroidális kőzetek kristályosodásánál a vas ásványokban (pl. olivinekben) a három értékű vasat helyettesítheti. Mint említettük, a szarvaskői wehrlitben a V átlagos koncentrációja 1500 ppm.

A vanádium ipari kinyerése azonban világszerte inkább üledékes előfordulásából történik. Az üledékekben leggyakrabban vanadát alakban van jelen. A leghíresebb Coloradó-platói előfordulásában a fő ásványa a carnotit ($K_2(UO_2VO_4)_2 \cdot 3H_2O$), mely a homokkőnek agyagfrakciójában dúsul. Hasonló előfordulás típusát a világ sok más helyén is találtak.

Igen jellemző a V üledékes dúsulásaira az, hogy gyakran nagy a szervesanyag tartalmuk. A bitumenes kőzetek rendszerint átlagon felüli V-tartalmúak. A szerves anyagokhoz való V-kötődést oly módon lehet magyarázni, hogy a porfirinekben helyet foglaló komplex kötésű Mg, illetve vas-kationokat a V lecserélheti és a keletkezett V-komplexek meglehetősen stabil fém-kelátoknak bizonyulnak.

Az üledékes telepeken a V-nak az U-on kívül gyakori kísérői: a Ti, Mo, Cr, P, Cu, Co, Pb, Zn, Ni stb.

Ismételten megvizsgálták a hazai ásványolajtípusaink V tartalmát és mintegy tíz évvel ezelőtt közzétett adatok szerint főleg a nagylengyeli előfordulás mutat V begazdagodást. Az erőművi olajpernyéből való V (és Ni) kinyerésére tudomásunk szerint történtek kezdeményezések.

Tőzeges telepeken is mérhető V dúsulás. SZALAY S. és SZILÁGYI M. (1967) tőzegből kinyert humuszsav preparátumon vizsgálták a V-megkötő képességet. Adataik szerint a V-szorpció képesség a humuszsavon jelentős. A folyamatot úgy értelmezték, hogy a mobilis metavanadát (VO_3)²⁻ anion első

lépésben redukálódik vanadyl (VO)²⁺ kationná, ebben az alakban kationcsere révén megkötődik a humuszsavakon. Az U (ugyancsak SZALAYÉK vizsgálata szerint) szintén erőteljesen megkötődik a humuszsavakon, így a V és U együttes dúsulása szerves üledékekben jól értelmezhető. Bauxitjaink 300—500 ppm V-t tartalmaznak, a feldolgozás során ez a vanádiumiszapban koncentrálnak, kinyerése napirenden van.

A nióbot és a tantált hasonló indokból, mint a Zr-t és Hf-t érdemes együtt tárgyalni. A magmás kőzetek kristályosodása során e két szoros rokonságban levő elem mégis kissé eltérően viselkedik. A Ta leginkább a savanyú kőzetekben dúsul, a Nb-dúsulás maximuma viszont a kevésbé savanyú alkáli kőzetekben van. Önálló ásványok alakjában ritkábban jelennek meg, hanem a Nb is és a Ta is a titán ásványokban és a biotitokban a Ti-t, a Ta a cirkoniumásványokban a Zr-t is helyettesíti. Ha a gránitképződéskor nincs jelen elegendő Ti, akkor a Nb és Ta önálló járulékos ásványok: niobitok-tantalitok alakjában jelennek meg. Mint a pegmatofil elemek általában, ez a két elem is a pegmatitos fázisban dúsul.

A niób és a tantál a kőzetmállás folyamán az agyagos, laterites bauxitos üledékekbe kerül.

Bár Nb és Ta dúsulás sok hazai képződményben kimutatható volt, a regionális geokémiai kutatásaink során kinyerésre érdemes dúsulásukat ezidő szerint nem sikerült kimutatni.

A molibdén a magmás kőzetképződésnek szintén az utómagmás fázisában, a pegmatitos, pneumatolitos, sőt a hidrotermás fázisában is dúsul. Legfontosabb önálló ásványa a molibdenit (MoS_2). A hasznosításra kerülő molibdén-telepek 99%-ban a Mo-t molibdenit formában tartalmazzák.

Hazánkban már a 40-es évek végén végeztünk Mo kutatást a Velencei hegységi gránitos képződményekben, és dúsulást a hidrotermálisan elváltozott képződményekben és részben a pneumatolitos fázisban mutattunk ki. Az újabb vizsgálatok során a Velencei hegység gránitjából szeparált nehéz ásványok között gyakran felismerhettünk molibdenit szemcséket. A Velencei hegység szfalerit és galenit dúsítmányaiban 100, illetve 90 ppm Mo-t mutattak ki. A reeski Zn ércekben hasonló koncentrációban találtak Mo-t. A mátrai ércdúsítmányok vizsgálata azt mutatta, hogy a Mo-nek jelentékenyebb része a pirites, kalkopirites ásványokban található. A reeski érc koncentrátumok Mo tartalma figyelmet érdemel.

Irodalmi tapasztalatok is mutatják a Mo és a Cu szoros geokémiai rokonságát. Az ún. impregnációs porfiroz rézércletekben a Mo gyakran az ipari koncentrációt is eléri.

Mállási folyamatoknál a Mo egyes bauxitféleségekben és agyagos üledékekben is dúsul, utóbbiakban főleg akkor, ha azok szerves anyagot és piritet is tartalmaznak. Ezekben az üledékekben a Mo a szervesanyag tartalom és a pirit tartalom kívül a Cu koncentrációval is pozitív korrelációban áll.

Egyes külföldi adatok arra utalnak, hogy a Mo műrevalóságának határa az újabb időkben módosult és már a 100 ppm-t megközelítő átlagos Mo koncentrációt perspektivikusnak ítélik.

A réniumból csak annyit érdemes megemlíteni, hogy a legritkább elemek közé tartozik. Gyakran fordul elő molibdenitben (MoS_2), ahová kation-helyettesítőként lép be. Előfordul a W ásványaiban is.

Újabban arról olvashattunk, hogy egyes szulfidos ólom-rézérctelepekben olyan kolloid aggregátumot találtak, melynek Re tartalmát mikroszondás meghatározások segítségével 40–50%-osnak találták. Feltevések szerint létezhet egy kolloid méretű Re-Cu szulfid ásvány, mely bizonyos ércelepekben szórványosan előfordulhat.

A *volfram* volframát (WO_4^-) alakban a természetben elsődleges képződményekben is előfordul. A természetes volframátoknak két fő csoportja van: a monoklin wolframit csoport és a tetragonális scheelit csoport. A wolframit, — mely az utómagmás fázisban keletkezik — a vas- és mangán volframátok izomorf elegyosozata, melyekben a megfigyelések szerint a Mn : Fe arány a képződési hőmérséklettel csökken. A scheelit csoport (CaWO_4) elsődlegesen ún. szkarnképződményekben, vagyis a mészkő és dolomitéképződményeknek alulról felszálló oldatok hatására elváltozó öveiben fordul elő, másodlagosan pedig a volframittelepek hidrotermális elbontásakor.

A Velencei hegységi pneumatolitos képződményekben a kutatásaink során helyenként 250–400 ppm-es W dúsulásokat találtunk.

A nagybörzsönyi hidrotermális ércesedés arzenopirités szintjében néhol 2500 ppm W koncentrációval is találkozottunk. A Felső-Rózsátáró hánycsatornájában 100–160 ppm értékhatárok között találtunk volframot.

A világ jelentős W-érc telepei a legtöbbször ónérc telepekkel kapcsolatosak, de sok helyen önálló scheelit telepekre is bukkantak. A kisebb jelentőségű (pl. ilyen a portugáliai telep) volfram telepek 1,0–1,5% WO_3 tartalom mellett kinyerésre érdemesnek minősülnek. Ez W-ra átszámolva azt jelenti, hogy 7800 ppm W-tartalmat még kisebb méretű előfordulás esetén is figyelemre méltónak kell tekinteni. A jelentős hazai W indikációk ezért a továbbkutatásra ösztönzőek lehetnek.

*

A pegmatofil elemek geokémiájának rövid tárgyalása után foglalkozzunk annak a jogos kérdésnek a megválaszolásával: érdemes-e a ritka elemek és ezeken belül a nagyolvadáspontú ritka elemek megtalálására hazai földtani kutatást folytatni és hazai nyersanyagokból ritkafém kinyerést kezdeményezni, illetve folytatni?

A kérdés összetett, mégis általánosságban igen-nel kell válaszolnunk.

A ritkaelemek feltalálására végzett regionális földtani-geokémiai munka az első periódusában kis költségráfordítással végzett átnézetes jellegű, tájékoztató célzatú kutatómunka volt. Az itt-ott megtalált indikációk részletes továbbkutatása nélkül azonban sem pozitív, sem egyértelműen negatív eredményt nem várhatunk. A felmerült problémák lezáratlanok és a megtalált jelzések csak egy későbbi kutatás számára dokumentált kiindulási alapok lehetnek. Amennyiben a ritka elemek utáni kutatómunka valamely javasolt területen intenzívebben folytatódna, akkor is csak mintegy 10–15 év múlva volna várható a reális eredmény.

Ha a megtalált ritkaelem járulékosan előfordul valamely kitermelésre kerülő nyersanyagunkban, akkor vétek nem mérlegelni a kinyerés lehetőségét. Sokszor a járulékos elem értékesebb lehet, mint maga a kitermelésre kerülő termék.

Hazánkban közismerten ezidőszert az uránérc és a recski ércesedés az, amelyből a járulékos elemek kitermelése részben már folyik, részben pedig tervezett.

Öncélú ritka elem kinyerés csak akkor javasolható, ha sikerülne valahol torlatos telepet, vagy ritkaelem tartalmú szerves képződményeket nagyobb kiterjedésben találni. A rentabilitás elbírálása konkrét esetben természetesen csak az összes tényezők figyelembe vétele és összevetése után lehetséges, és a gazdaságosság megítélésében azt hiszem éppen napjainkban jelentős átértékeléseket kell végezni.

GEOCHEMICAL CHARACTERISTICS OF RARE METALS OF HIGH MELTING POINT AND MAIN TYPES OF THEIR NATURAL OCCURRENCE

By

M. VOGL

Abstract

From the practical point of view the elements of high melting point show very similar physical and chemical properties, thus their geochemical features are also similar. In general, their concentration is highest in the basic-ultrabasic rocks with a few exceptions; in this latter case the elements accumulate in the acid mainly granitic rocks. In the sedimentary rocks the elements in question are accumulated in clays and clayey sediments with the only exception of Zr which is connected mostly to sandy sediments or sandstones.

From the point of view of practice the accessory elements are very significant even if they occur in small concentrations in some of the raw materials being extracted, since in many cases the accessory element is much more valuable than the raw material itself.

ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РЕДКИХ МЕТАЛЛОВ ВЫСОКОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ПЛАВЛЕНИЯ И ГЛАВНЫЕ ТИПЫ ИХ ПРОЯВЛЕНИЙ В ПРИРОДЕ

М. ФОГЛ

Резюме

С практической точки зрения элементы высокой температуры плавления имеют весьма сходные физические и химические свойства. Таким образом, их геохимические характеристики также являются сходными. С несколькими исключениями они в наибольшей концентрации присутствуют как правило в основных-ультраосновных породах. При этом они концентрируются в кислых, главным образом гранитоидных породах. В осадочных отложениях рассматриваемые элементы приурочены к глинам и глинистым осадкам, за единственным исключением циркона, сопутствующего чаще всего песчанистым осадкам и песчанникам.

С точки зрения практики акцессорные элементы весьма значительны даже в случае, если они присутствуют в небольшой концентрации в некоторых видах разрабатываемых полезных ископаемых, так как в ряде случаев акцессорный элемент намного ценнее самого полезного ископаемого.

NAGYOLVADÁSPONTÚ RITKAFÉMEK VILÁGGAZDASÁGI KÉRDÉSEINEK FÖLDTANI ALAPJAI¹

BENKŐ FERENC

A FÖLDTUDOMÁNYOK DOKTORA

1. Bevezetés. Fogalmi kérdések

1.1. *A ritkafémek műszaki értelmezése*

A Ritkafém Tárcaközi Koordináló Bizottság 1969-ben foglalkozott a ritkafémek gyakorlati szempontból való értelmezésével, s a fogalmat földtani, geokémiai, teleptani, bányászati, dúsítási, feldolgozási és felhasználási feltételek függvényében definiálta.² Ezek együttes hatásának kifejezésére a fém árát tartotta a legmegfelelőbbnek.

Az ebben az értelmezésben vett ritkafémek közül a műszaki gyakorlat a következő kilenc elemet sorolja a nagyolvadáspontúak közé: titán, vanádium, cirkon, nióbbium, molibdén, tantál, volfrám, hafnium és rénium. Az előadás a következőkben — a konferencia tárgyának megfelelően — csupán ezekkel kíván foglalkozni.

1.2. *A ritkafémek földtani, teleptani és kutatási értelmezése*

A ritkafémek említett, végső soron gazdasági alapon nyugvó elkülönítése jól használható a gyakorlatban, és kellően rugalmas is, mert a műszaki és gazdasági fejlődés mindenkori szintjéhez köti a határokat. A földtani kutatásnak azonban természetes állapotukban és eredeti települési helyükön kell keresnie

¹ A VII. Ritkafém Konferencián (Budapest) 1979. június 7-én elhangzott előadás.

² A Bizottság állásfoglalása szerint egy fém akkor tekinthető ritkafémnek, ha

- földkéregbeli gyakorisága kicsi
- nem hajlamos természetes koncentrációra (azaz: nem dúsul fel telepként)
- bányászata költséges
- fizikai úton nem dúsítható
- előállítási és feldolgozási technológiája bonyolult
- nincs iránta nagy kereslet
- a termelt mennyiség nem nagy
- valamilyen ismert speciális tulajdonsága van
- különös követelményeket támasztanak a tisztaságával szemben.

Az akkori, 1967–68. évi árszinten a ritkafémek értékhatárát 3,3 § (= kb. 200 Ft)/kg-ban jelölte meg (VÁRHEGYI, 1972). (Ezen az alapon egyébként szinte indokoltabb lenne a drága-, ill. értékes, mint a ritkafém megnevezés).

az ásványi nyersanyagokat. Ezért a ritkafémek, ill. ritka elemek földtani, geo-kémiai és teleptani értelmezése némileg eltér az előzőekben közöltektől.

Földtani-teleptani és az ezen alapuló ásványi nyersanyagkutatósi szempontból főleg két feltétel szabja meg, hogy valamely elemet ritkafémnek minősíthetünk-e. Az egyik az elem gyakorisága, a másik a teleppé dúsulásra való hajlandósága.

1.21. Földtani-geokémiai szempontból azokat az elemeket szokás ritkának tekinteni, amelyek földkéregbeli *átlagos koncentrációja* nem haladja meg a 0,02%-ot.

Az előzőekben említett nagyolvadáspontú fémek átlagos koncentrációját az 1. táblázat mutatja be.

I. táblázat

A nagyolvadáspontú ritkafémek gyakorisága

A fém megnevezése	Földkéregbeli átlagos koncentráció (százalék)	Gyakorisági sorrend
Titán	0,44	9.
Cirkon	0,0165	18.
Vanádium	0,0135	19.
Nióbium	0,002	32–34.
Hafnium	0,00032	43–45.
Tantál	0,0002	50–51.
Molibdén	0,00015	52–54.
Volfrám	0,00015	52–54.
Rénium	0,0000001	77–78.

A földtani felfogással szemben tehát a műszaki gyakorlat ritkafémnek tekinti a természetben tulajdonképpen meglehetősen elterjedt titánt is.

1.22. A koncentráció kétségtelenül objektív kritérium valamely elem ritkaságának eldöntésére, gyakorlati szempontból azonban mégsem elegendő. Végső soron ilyen alapon olyan, évezredek óta ismert és felhasznált elemeket is ritkának kellene minősítenünk, mint pl. a Cl (0,013%), Zn (0,007), Cu (0,0055), Pb (0,0013), Sn (0,0002), As (0,00018), Sb (0,00002), Bi (0,00002), Hg (0,000008), — nem beszélve a nemesfémekről —, vagy pl. a múlt század óta felhasznált Cr (0,01), Ni (0,0075), Co (0,0025). A földkéregbeli gyakoriság alapján sokkal inkább ritkának kellene minősítenünk a krómot, cinket, nikkelt, rezet, a kobaltot, az ólmot, mint pl. a cirkont (0,0165), vagy éppen a rubídiumot (0,009%).

Megjegyzendő azonban, hogy a közönséges szóhasználatban telepképzőnek tekintett elemeknek is jóval nagyobb része szóródik szét a kőzetekben, mint amennyi telepként feldúsul. Ezt néhány elemre nézve a 2. táblázatban mutatjuk be.

A *szóródásra*, ill. koncentrációadásra *való hajlam* szempontjából a geokémiai értelemben vett ritka elemek, ill. 0,02%-nál kisebb klark számú ritkafé-

2. táblázat

Néhány elem szóródási, ill. koncentrálódási hajlama az ismert érckészletek alapján (SZMIRNOV, 1967 nyomán)

A fém megnevezése	Átlagos földkéregbeli koncentráció (%) (= klark)	1 km ³ kőzetben levő fém mennyisége (1000 t)	A világ fémkészlete (a Szovjetunió nélkül) (1000 t)	A világ fémkészletével azonos fém-mennyiséget tartalmazó kőzettérfogat (km ³)
Vanádium	0,02	500	50	0,1
Ón	0,008	200	5 300	26,1
Nikkel	0,02	500	20 000	40
Molibdén	0,001	25	5 000	200
Urán	0,0004	10	2 000	200
Cink	0,02	500	100 000	200
Réz	0,01	250	200 000	800
Ólom	0,0016	40	60 000	1 500

mek a következőképpen csoportosíthatók (a nagyolvadáspontúak aláhúzva):

— önálló telepekké is feldúsulnak: Ti (tulajdonképpen nem ritkafém!), Zr, V, Cr, Ni, Zn, Cu, Co, Li, Nb, Pb, Th, U, Sn, As, Mo, W, Be, Ta, Sb, Bi, Hg, Ag, Pt és Pt-fémek, Au;

— önálló ásványaik vannak, de önálló teleppé nem dúsulnak: Sc, Cs, Ge, Tl, Cd, Se, Te;

— önálló ásványként sem jelennek meg: Ga, Rb, Hf, In, Re (újabbban ezek közül néhánynak sikerült önálló ásványát is kimutatni; ezek azonban szűk helyhez kötötten fordulnak elő, s szinte egyedi ritkaságúak).

Különleges sajátosságaik miatt külön csoportként szokás kezelni a ritka földfémeket. Ezek ti. önálló teleppé dúsulva is előfordulnak, s így elvileg az első csoportba lennének sorolhatók, viszont sohasem egyenként, hanem mindig együttesen, legfeljebb az Y- és a Ce-csoport elemei szerint tagolhatóan fejlődnek ki önálló telepként.

Ez a csoportosítás természetesen a földtani kutatás módját és lehetőségét is befolyásolja: annál inkább beszélhetünk a szokásos, földtani és teleptani értelemben vett nyersanyagkutatásról, minél inkább önálló telepekkel van dolgunk, s annál inkább a minerogéniai-geokémiai módszerek kerülnek előtérbe, minél szórtabb a megfelelő elem. A két utolsó, különösen pedig a harmadik csoport elemei esetében a természetes helyen és állapotban levő földtani anyag kutatásával szemben mind nagyobb jelentőségűvé válik az előkészített, ill. feldolgozott termékek céltudatos vizsgálata.

A szóródás azonban viszonylagos és időben változó fogalom. A dúsítási és feldolgozási technika fejlődésével mind nagyobb mértékben válnak kinyerhetővé az előzőleg telepnek nem is minősülő koncentrációk. Ennek a folyamatnak a vizsgált fémek esetében is tanúi lehetünk: a századfordulón, sőt még a húszas években is csak kismértékben, s főleg melléktermékként kitermelt titán, vaná-

dium, molibdén és volfrám jelentős részét ma már önálló bányákból termelik. Majdnem biztosan megjósolhatjuk azonban, hogy hasonló változás várható a cirkon, nióbbium, sőt talán a tantál esetében is.

A ritkafémek — kis koncentrációjuk és szóródásra való hajlamuk miatt — a kőzetekből vagy ásványokból nehezen különíthetők el, ill. ez csak bizonyos technikai fejlettségi szinten lehetséges. Ez az oka annak, hogy felhasználásukra (hasznosításukra) viszonylag későn került sor. Ezért — SZMIRNOV (1967) nyomán — szinte helyesebb lenne „új (fiatal) elemek”-nek nevezni őket.

Jellemző egyébként, hogy bár a cirkont, molibdént és volfrámot már 1770 és 1790, a nióbbiumot, titánt és tantált 1790 és 1810, a vanádiumot pedig 1810 és 1830 között felfedezték (a hafniumot és a réniumot csak 1910 és 1930 között), ipari méretű alkalmazásukra csak jóval később, nem egyikükére csak századunk második harmadában került sor.

2. Termelés, készletek, ellátottság

Napjaink egyik legégetőbb és sokakat foglalkoztató problémája az energia- és nyersanyagkérdés. A kőolaj 1973. évi „árrobbanása” után, melyet — ha nem is olyan mértékben és tartósan — számos más nyersanyag árának emelkedése is követett, világszerte az érdeklődés középpontjába kerültek olyan kérdések, van-e elég nyersanyagunk a jövő fejlődéséhez, nem kell-e félnünk az ásványi nyersanyagforrások kimerülésétől, s ha egyáltalában lesz, milyen áron. Ilyen és hasonló kérdések ma már nemcsak a szakembereket, hanem a széleskörű közvéleményt is foglalkoztatják. Ha egyéb haszna nem is volt az olajár drasztikus emelésének, azt mindenesetre elérte, hogy megmozgatta a közgondolkodást, és fokozottan kiemelte az ásványi nyersanyagok termelésével, mindezekelőtt pedig kutatásával foglalkozó szakemberek munkájának fontosságát.

Az ásványi nyersanyagok iránt rohamosan növekvő igények s az ásványi nyersanyagforrások velük szemben álló szűkössege, ill. korlátozottsága — melyet sokan hajlamosak már-már nyersanyag-, ill. energiaválságnak minősíteni — napjaink egyik olyan problémája, mellyel a szóbanforgó kilenc elem szempontjából is szembe kell néznünk. S ha eleve tudjuk is, hogy amint a Föld véges, nyilvánvalóan végesek ásványi nyersanyagkészletei is, az említett válságok emlegetésének egyelőre inkább spekulációs, mintsem földtani okai vannak.

Bár prognózist készíteni mindig hálátlan dolog, sőt mi több, KAHN, H. professzor, a világhírű Massachusset's Institute of Technology igazgatója szerint, aki 10 évnél hosszabb időre ad előrejelzést, és pénzt fogad el érte, megérdemelné, hogy azonnal bíróság elé állítsák sikkasztás büntette miatt, ezzel a — kizáró feltétel hiánya miatt — csak elméleti kockázattal szembenézve a földkéreg realitásainak szilárd talaján maradván kíséreljük meg földtani oldal-

ról megközelíteni, mire számíthatunk a kilenc nagyolvaspontú fém jövője tekintetében.

Ennek érdekében a következő kérdéseket szükséges kissé közelebről megvizsgálni:

- mekkora az említett fémek jelenlegi termelése (2.1. pont);
- mekkorák a jelenleg ismert nyersanyagkészletek (2.2. pont);
- ezek a jelenlegi termelés alapján milyen ellátottságot biztosítanak (2.3. pont);
- várhatóan hogyan fognak alakulni az igények, s ez hogyan befolyásolja az ellátottságot (2.4. pont);
- milyen lehetőségek vannak az ásványi nyersanyagkészletek növelésére, s ez hogyan befolyásolja az igények kielégítését (3. és 4. pont).

A felsorolt kérdések megválaszolása érdekében foglalkoznunk kell azzal is,

- hogyan oszlik meg a termelés, valamint az ismert és feltételezhető nyersanyagkészlet az ásványi nyersanyagelőfordulások földtani—teleptani (genetikai), ill. ipari típusai szerint (3. pont);

- a nyersanyagpotenciál növelése a jelenleg termelés alatt levőkhöz hasonló (4.1. pont), vagy más típusú előfordulásokból várható (4.2. pont);

- előreláthatóan hogyan változnak az újonnan termelésbe állítandó, sőt még csak ezután kimutatásra és megkutatásra váró előfordulások földtani és bányaföldtani—bányaműszaki paraméterei (4.3. pont);

- ezek várhatóan milyen hatással lesznek a nyersanyagok árára (4.4. pont).

Előre kell azonban bocsátani, hogy már a ritkafémek termelésének elemzésekor is elkezdhetetlenül nehézségekkel találkozik a kérdés vizsgálója. A fő problémát nem is az okozza, hogy a termelési adatok egyik esetben nyersanyagra, máskor koncentrátumra, vagy éppen hasznos ásványra vonatkoznak, s metrikus tonna, short ton, kg és font között a legkülönbözőbb változatokkal találkozunk, — ezek végső soron csak átszámítást igénylő kérdések —, hanem az, hogy egyáltalában rendelkezésre állnak-e számszerű adatok a termelésről.

A szocialista országokból származó — gyakorlatilag a szovjetunióbeli — művek általában csak a tőkés és a fejlődő országokról közölnek adatokat. A nyugati — elsősorban USA-beli, angol, vagy NSZK — kimutatások ezt a problémát úgy oldják meg, hogy jelzik az adatok hiányát, vagy pedig — bizonyos közvetett módszerekkel — becsült értékeket közölnek. Bár ezek általában eléggé alábecsültnek látszanak, a következőkben — amíg hitelesebb forrás nem áll rendelkezésre — jobb híján ezeket vagyunk kénytelenek felhasználni kiindulásul.

Fokozódnak a nehézségek a készletek megítélésében. Ez nem is annyira a reménybeli lehetőségek megbecsülésében jelentkezik — végső soron ebben bizonyos szubjektivitás nem kerülhető el —, hanem az ismert (biztos és valószínű) készletek, főleg pedig ezeknek a jelenlegi műszaki és gazdasági feltételek mellett gazdaságosan kitermelhető részének meghatározásában. A tőkés országokbeli adatok az eltérő becslési módszerek miatt nem mindig egyenértékűek, az üzleti titok miatt pedig olykor hézagosak is. A szocialista országokra még fokozottabban érvényesek a termelési adatokkal kapcsolatban említettek. Ezért — jobb híján — itt is a már említett megoldást választottuk.

2.1. A nagyolvaspontú ritkafémek *nyersanyagainak termeléséről* rendelkezésre álló, — az előzőknek megfelelően kétségtelenül részben becsült — adatokat a 3. táblázat mutatja be.

3. táblázat

A nagyolvaspontú ritkafémek 1976. évi termelése

Fém	Vonatköztási alap	Termelés		Forrás
		nagysága	éve	
Titán — ilmenit	52–54% TiO_2 tartalmú koncentrátum TiO_2 -ra átszámítva	4 900 et*	1976	MBH** 1978
— rutil	95–97% TiO_2 tartalmú koncentrátum TiO_2 -ra átszámítva	400 et*	1976	MBH 1978
Vanádium	fém	21 760 t	1976	MBH 1978
Molibdén	MoS_2 egyenérték	148 et	1976	MBH 1978
Rénium	fém	88,7 et	1976)	
	fém	n 1 t	.	SZOLODOV 1978
Volfrám	fém	38,9 et	1976	MBH 1978
Cirkon	65–66% ZrO_2 tartalmú koncentrátum	535,9 et*	1976	MBH 1978
Hafnium	} fém 50–65% $\text{Nb}_2\text{O}_5 + \text{Ta}_2\text{O}_5$ tartalmú koncentrátum $\text{Nb}_2\text{O}_5 : \text{Ta}_2\text{O}_5$ 10 : 1	n 10 t		
Nióbium		34 et*	1976	KOGAN 1978
Tantál		22 et*	1976	MBH 1978

* A szocialista országok nélkül

** MBH = Metal Bulletin Handbook

A szocialista országok közül a Szovjetunióról egyes források a következőket közlik: titán-termelése a világ ilmenit-termelésének kb. 14%-a (ez kb. 800 e t-nak felelne meg); cirkon-termelése a világtermelés kb. 12,5%-a (ez kb. 77 e t-nak felelne meg; más források viszont 100 e t-ra becsülik a termelést); Nb-Ta termelése — hasonló arányokat feltételezve — kb. 3–5 e t-nak felelne meg —, s még nem vettük számba Kínát és Koreát. A többi szocialista ország termelése valószínűleg valóban elhanyagolható.

2.2. A világ ma ismert és a jelenlegi műszaki-gazdasági viszonyok közt kitermelhető ismert (= biztos és valószínű) *nyersanyagkészleteit* a 4. táblázat mutatja be. (A táblázatban a később tárgyalt reménybeli, ill. a nem műrevaló készleteket is feltüntettük.)

Az adatok közül csak az US Geological Survey volfrám-bebecslése feltűnően kiugró érték, a többi az ilyenkor szokásos szóráson belül van.

2.3. A készleteket az — általában 1976. évi — termelési adatokkal összehasonlítva az egyes fémekből az 5. táblázatban közölt *ellátottság* adódik.

Az általában 1976. évi termelési szint alapján tehát még az 1970. évi készletekből kiindulva számított ellátottság is több, mint megnyugtatónak látszik vanádiumból, nióbiumból, réniumból és hafniumból. Nem adnak azonban különösebb aggodalomra okot a titán, volfrám, tantál, molibdén- és cirkon-ellátottságot jelző 40–80 éves számok sem. Ennek az az oka, hogy tőkés viszonyok között általában nem is szokás egy emberöltőnél hosszabb időre előre

4. táblázat

A nagyolvasáspontú fémek ismert és reménybeli ásványi nyersanyagkészletei

Fém neve	Egyenérték	Mértékegység	Ismert műrevaló készlet	Reménybeli (feltételezett) készlet	Nem műrevaló készlet	Év	Forrás**	
Titán — ilmenit — rutil	TiO ₂	millió t	258,6	.	1 466,1	1970	USGS	1973
	TiO ₂	millió t	7,9	.	10,0—55,1	1970	USGS	1973
	összesen	TiO ₂	millió t	266,5	1 452	1 476,1—1 521,2	1970	USGS	1973
Vanádium	V	millió t	9,7	.	.	1975	GWB	1976
	V	millió t	9,5	előző többszöröse	előző többszöröse	1970	USGS	1973
Molibdén	Mo	millió t	8,8	.	.	1975	BGR	1975
	Mo	millió t	6,4	1,0	22,2	1970	USGS	1973
Rénium	Re	t	n · 10 ⁴	.	10 ⁵	1978	SZOLODOV	1978
Volfrám	W	millió t	2,0	3,4	.	1977	BGR	1977
	WO ₃	millió t	226,8 (!)	.	.	1970	USGS	1973
Cirkon	(W)	millió t	178,9 (!)	.	.	1970	USGS	1973
	Zr	millió t	16,0	.	.	1978	KOGAN	1978
	Zr	millió t	14,2	.	.	1975	GWB	1976
	Zr	millió t	15,4	.	17,0	1970	USGS	1973
Hafnium	Hf	ezer t	272	.	300	1970	USGS	1973
Nióbium	Nb ₂ O ₅	millió t	14,0	.	.	1970-es évek	KOGAN	1978
	Nb ₂ O ₅	millió t	13,9*	előző többszöröse	n · 1,0	1970	USGS	1973
Tantál	Ta ₂ O ₅	ezer t	115*	.	.	1970-es évek	KOGAN	1978
	Ta ₂ O ₅	ezer t	71,9*	előző többszöröse	n · 10	1970	USGS	1973

* A szocialista országok nélkül

** A rövidítések jelentése:

USGS = Brobst-Pratt (szerkesztők)

BGR = Untersuchungen über Angebot und ...

GWB = Geowissenschaften und ...

(A pontos címetek l. az Irodalomjegyzékben)

5. táblázat

A világ ellátottsága (éven) a nagyolvasponti ritka fémek ásványi nyersanyagkészletei alapján

Fém neve	Ellátottság az 1976. évi termelés alapján	Az ezredfordulóra becsült termelés				Ellátottság a 2000. évre várható		
		egység	minimum	maximum	átlag	forrás	maximum alapján	átlag
Titán — ilmenit — rutil	40—45* 20	Ti	.	.	.	.	.	.
Vanádium	445	V	26 et	66 et	46 et	USBM*** 1972	221	286
Molibdén	89	Mo	.	.	200 et**	BÜHOVER 1971	.	.
		Mo	187 et	223 et	.	BGR 1975	57	61
Rénium	10 ³	Re	.	.	.			n · 10 ²
Volfrám	52	WO ₃	.	.	35 et**	BÜHOVER 1971	.	.
		W	.	.	69 et	BGR 1977	.	38
Cirkon	(44—52)*	Zr	290 et	594 et	442 et	USBM 1972	31—33	38—43
Hafnium	>3000	Hf	72 t	154 t	113 t	USBM 1972	~ 2400	csaknem 3000
Nióbium	564—616	Nb	13,2 et	27,4 et	20,0 et	USBM 1972	441—445	547—552
		(Nb ₂ O ₅)	18,5 et	38,4 et	28,0 et)			
Tantál	38—58	Ta	2,9 et	4,6 et	3,7 et	USBM 1972	18—25	21—34
		(Ta ₂ O ₅)	3,5 et	5,6 et	4,5 et)			

* A szocialista országokra becsült termelés figyelembevételével (l. 2.1. pont utolsó bekezdése)

** A szocialista országok nélkül

*** USBM = Mineral facts and problems

megkutatni nyersanyagkészleteket. Ez az ellátottsági szint viszont évtizedeken át állandó marad. (Kissé távoleső hazai példaként említhetjük, hogy PAPP K. 1912-ben Magyarország kőszénvagyonára alapján 65 évi ellátottságot állapított meg. A határidő 1977-ben telt le, s a jelenlegi ellátottságunk még mindig nagyobb 65 évnél, noha közben a termelés többszörösére nőtt.)

Valójában tehát csak a rutil 20 év körüli ellátást jelző száma elgondolkoztató, sőt tulajdonképpen ez sem, mivel a rutil képviselte Ti-mennyiség helyettesíthető az ilmenittel, ill. leukoxénnal.

2.4. Kétségtelen azonban, hogy a világ ásványi nyersanyagigényei a tárgyalt nagyolvadásponitú ritkafémekre vonatkozóan sem fognak megállapodni az 1976. évi szinten. Az US Bureau of Mines pl. 1972-ben egész sor fémre vonatkozóan készített prognózist a világ ezredfordulóra *várható igényei*ről. (Mineral facts and . . .). Ilyen becslések azonban — a tőkés és fejlődő országokra vonatkozóan — több szovjet munkában is szerepelnek. A termelési prognózisok egyébként az ezredfordulóig általában az igények 1,5–2,3 (átlag), ill. 2–3-szoros (maximális) növekedésével számolnak. Ezeket az adatokat, valamint az ezek figyelembevételével adódó ellátottságot szintén az 5. táblázat foglalja össze. Az így kapott kép nem tér el lényegesen az előző alapon számítottól, ill. helyesebben: becsléttől, kivéve a tantált; ennek az ellátottsága 18–25 év körülire csökken.

3. A nagyolvadásponitú ritkafémek nyersanyagelőfordulásainak ipari és genetikai típusai

Mind a jelenleg ismert készletek, különösen pedig a jövődi ásványi nyersanyaglehetőségek megítélése szempontjából szükséges megvizsgálni azt is, hogy azok előfordulásai milyen földtani-teleptani típusokhoz kapcsolódnak, s a jelenlegi termelés megoszlása mennyiben felel meg a természetes megoszlásnak. Az egyes fémek nyersanyagelőfordulásainak legfontosabb teleptani típusait a 6. táblázat foglalja össze.

3.1. A világ *titanérec* termelésének nagyobb része egyelőre tengerparti, uralkodóan recens torlatokból származik. Már is jelentős azonban a likvidmagmás telepek, valamint az ezek, ill. a metamorf dúsulások mállási maradékainak részesedése is, s ez előreláthatóan csak növekedni fog. A termelés kis részét adják a karbonatitok, a kontakt metasomatikus típusnak pedig csupán helyi jelentősége van.

A rutil-termelés gyakorlatilag teljes egészében recens tengerparti torlatokból ered. A művelés alatt levő tengerparti torlatok összes nehézasványtartalma 3–4% körüli, ebből általában 0,5–1,5% esik a TiO_2 -ra. A rutil és ilmenit mellett rendszerint hasznosítható kíséző ásványok a monacit (Ce- és Th-érec) és a cirkon is.

6. táblázat

A nagyolvadáspontú ritkafémek természetes

Sorszám	Elem megnevezése	Magmás							
		Likvidmágmás	Autometaszomatitok				Utómágmás		
			Pegnatit	Karbonatit	Albitit	Greizen	Kontakt meta- szomatikus	Hidrotermális	Vulkáni
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Titán	+		.					
2	Vanádium	+							
3	Molibdén					+		×	
4	Rénium		(.)		(.)		.	.	
5	Volfrám				(.)	.	×	.	
6	Cirkon	(.)		+	(.)			+	
7	Hafnium	(.)	(.)	(.)				.	
8	Nióbium	+	.	×	.	(.)	(.)	(.)	
9	Tantál	+	×	.	.	(.)	(.)	(.)	

× fontos műrevaló teleptípus
+ műrevaló teleptípus

A torlatos és likvidmágmás telepeken kívül fontos forrás a Ti-tartalmú vasérc (ilmenit, titanomagnetit) kohósítása során kinyerhető titán is.

A tengerparti torlatok közül Ausztrália, India, Brazília, Malaysia, Sri Lanka a legfontosabbak. Fosszilis torlatokat termelnek a Szovjetunióban a Dnyepri vidékén, kisebb jelentőségűeket az USA-ban.

A világ 1976. évi termelésének, valamint a nyersanyagkészletek országok szerinti megoszlását a 7. táblázat mutatja be.

3.2. A vanádium fő forrása egyelőre a vasérc feldolgozása során kinyerhető fém. Az önállóan termelt vanádiumtelep tulajdonképpen nagyon ritka; mindössze a Mina Ragra-i (Peru) különleges, aszfaltit közethez kötött tekinthető ilyennek. A vanádiumot egyébként rendszerint más ércek feldolgozása során mellékes alkotóként nyerik ki. Jelenlegi fő források:

- elsődleges likvidmágmás vasérc;
- a „red-bed” formáció U- és V- ércei;
- ólom-cinkérctelepek mállásával keletkezett oxidációs zóna.

A jelenlegi források megoszlása KOGAN (1978) szerint:

likvidmágmás vasérc	
(titanomagnetit, magnetit)	29%
üledékes U-V-érctelepek	18,5%
agyagásványok	12%
konverter iszap	32%
ferrofoszfor	6%

dúsulásainak földtani-teleptani (genetikai) típusai

Üledékes							Metamorf	
Helyben maradt		Szállított			Kausztobiolit		Metamorfizált	Metamorf (s. s.)
Mállási maradék	Oxidációs-ecementációs zóna	Torlat	Evaporit	Vegybiogén	Köszén	Szénhidrogének		
11	12	13	14	15	16	17	18	19
.	.	×		+	(.)	(.)		(.)
.	.			(.)	(.)			
+		×		.	(.)		(.)	(.)
×		.						(.)
×		+						(.)

. helyileg műreáló dúsulás } vagy: a fémek csak melléktermékként
(.) nem műreáló dúsulás } nyerik ki

7. táblázat

A világ titánérc-termelésének és ismert készleteinek megoszlása a fontosabb országok szerint
(Termelési adatok: MBH 1978, Nyersanyagkészletek: USGS 1973 alapján)

Ország megnevezése	Teleptípus	1976. évi termelés (ezer t)		Ismert műreáló készlet (1000 t TiO ₂ -re számítva)		
		ilmenit*	rutil**	ilmenit	rutil	összesen
Kanada	likvidmagmás	2 115	.	45,4	0,3	45,7
Ausztrália	torlatos	995	395	9,1	3,6	12,7
Szovjetunió	főleg	800 (?)	.	45,4	0,3	45,7
Norvégia	likvidmagmás					
USA	torlatos	767	.	54,4	—	54,4
	uralkodóan					
	likvidmagmás	562	.	45,4	0,4	45,8
Malaysia	torlatos	180	.	.	.	.
Finnország	likvidmagmás	123	.	.	.	.
India	torlatos	80	3	27,2	0,1	27,3
Sri Lanka	torlatos	56	1 (3)	2,3	0,5	2,8
Egyiptom	torlatos	.	.	18,1	—	18,1
Sierra Leone	torlatos	.	.	—	2,7	2,7
Egyéb országok		22	1	11,3	—	11,3
Összesen		5 700	400	258,6	7,9	266,5

* 52—54%-os koncentrációjú TiO₂ egyenértékre átszámítva

** 95—97%-os koncentrációjú TiO₂ egyenértékre átszámítva

Az 1976. évi világtermelés vezető államait és teleptípusait, valamint az ásványi nyersanyagkészletek megoszlását a 8. táblázat mutatja be.

8. táblázat

A világ vanádium-termelésének és ismert készleteinek megoszlása a fontosabb országok szerint
(Termelési adatok: MBH 1978, nyersanyagkészletek: USGS 1973 alapján)

Ország megnevezése	Uralkodó teleptípus	1976. évi termelés 1000 t	Ismert műrevaló készlet 1000 t
Délafrika	likvidmagmás (titanomagnetit)	10,0	1 814
USA	főleg red-bed típus; foszforitok	4,7	104
Szovjetunió	főleg likvidmagmás (titanomagnetit)	3,5	7 258
Finnország	likvidmagmás (titanomagnetit)	1,5	127
Norvégia	likvidmagmás	1,0	.
Namíbia	oxidációs zóna	0,6	.
Chile	likvidmagmás (magnetit)	0,5	136
Egyéb országok		.	34
Összesen		21,8	9 473

3.3. A világ *molibdén*-termelésének és készleteinek az előfordulások genetikai típusai szerinti megoszlását a 9. táblázat mutatja be. Feltüntetjük a táblázatban a művelés alatt levő előfordulások főbb adatait is.

9. táblázat

A világ molibdén-érctelepeinek ipari típusai és fő jellemzői
(BÜHOVER, 1978 és PERVAGO, 1975 nyomán)

Teleptípus	A termelés százalékos megoszlása (a szocialista országok nélkül)	A készletek százalékos megoszlása			A művelés alatt levő előfordulások jellemző adatai			
		ismert	ismert és reménybeli	Szovjetunió (ismert és reménybeli)	átlagos fémtartalom (százalék)	Készlet ezer t Mo	Évi termelési kapacitás	
							érc millió t	fém ezer t
Porfíros Mo- és stokverkes W-Mo-telepek	52	66	62	70	0,06—0,3	50—250	3,0—10,0	2,5—3,5
Porfíros Mo- és Cu-Mo-telepek	46	32	30	23	0,005—0,06	25—300	0,5—10,0	0,8—5,0
Kontakt metasomatikus W-Mo és Cu-Mo-telepek	1	1	4	6	0,05—0,4	5—200	0,3—3,0	0,6—1,5
Hidrotermális Mo- és W-Mo-telések és teléres zónák	1	1	3	1	0,3—4,0	5—15	0,05—0,15	0,4—1,2

Ma a legnagyobb jelentőségűek a stokverkes hintett-eres porfíros előfordulások, beleértve a porfíros réz-molibdén érctelepeket is.

A világ molibdén-termelésének nagyjából a fele származik önálló Mo-érctelepekből, ill. olyanokból, amelyekben a főérc a molibdenit, a termelés másik fele komplex ércekből (W-Mo, Cu-Mo, Be-Mo stb.) kinyert molibdénből ered.

Az 1976. évi termelés és az 1975. évi készletek alapján a vezető államokat a 10. táblázat mutatja be.

10. táblázat

A világ molibdén-termelésének és készleteinek megoszlása a fontosabb országok között (Termelés a MBH 1978, készletek a GWB 1976. alapján)

Az ország megnevezése	1976. évi termelés (ezer t MoS ₂ egyenértékben)	Készlet (százalék)
USA	85,1	56,7
Kanada	24,0	7,1
Chile	18,2	12,6
Szovjetunió	15,6	14,2
Kína	2,5	7,1
Peru	1,4	1,8
Egyéb országok	1,2	0,5
Összesen	148,0	6,4 mt

3.4. A réniumnak még önálló ásványai sincsenek, nemhogy telepei. A termelés teljes egészében melléktermékként kinyert fémből származik. A fém fő forrása a molibdenit. A MoS₂-telepek anyagának feldolgozásából származik a termelés 90%-a, a maradék 10% pedig egyéb szulfidos, de mindig molibdenit-tartalmú ércekből.

A molibdenit Re-tartalma nem nagy, csak kivételesen haladja meg az 1%-ot; Szibériában (Talnak) 3,8, Afrikában (Kipusi) 3,0% Re-tartalom is ismeretes, természetesen a molibdenit ásványban, nem pedig érceben. Érdekes módon a Cu-Mo-telepek molibdenitjének nagyobb a Re-tartalma, mint a tulajdonképpeni molibdenit-telepeké.

KALINYIN és FAJN (1977) szerint a porfiroz Cu-Mo-érctelepek molibdenitjének Re-tartalma 0,01–0,48% közt is változhat, a kontakt metasztatikusaké lényegesen kisebb, 0,001–0,068%, a grejzenes előfordulásoké pedig mindössze 0,0003–0,002%; ez a Mo-tartalom 1–10%-a. Üledékes rézércék Re-tartalma a Mo-énak 1–2-szerese is lehet, de ezek Mo-tartalma is mindössze 0,001–0,08%; általában azonban a Mo-tartalom ezekben is 3–10-szerese a Re-énak. Az ismert mansfeldi rézpala Re-tartalma általában 1 g/t körüli, egyes helyeken azonban 15–30 g/t-t is elérhet, sőt vannak adatok 23–235 g/t (= 0,002–0,024%) Re-tartalomról is. Ez a Mo-tartalomnak általában 6–50%-a. A bitumenes palák Re-tartalma átlagosan 1–10 g/t közt változik. Ez a Mo-tartalomnak 0,3–3%-a.

Ha a molibdenit Re-tartalma eléri a 0,01%-ot, rendszerint már kinyerik a feldolgozóskor.

A rénius termelésének és nyersanyagkészleteinek megoszlása és problémái az előzőkből következően teljesen megegyeznek a molibdenittel kapcsolatban közöltekkel. GOROHOVA és POKROVSZKAJA (1962) egyébként a tőkés országok Re-készleteit 1000–1043 t-ra becsülik; ebből 454–680 t esnek az USA-ra.

3.5. A *volfrámércek* világtermelésének és készleteinek genetikai típusok szerinti százalékos megoszlását a 11. táblázat mutatja be. Feltüntettük a táblázatban a művelés alatt levő telepek főbb adatait is.

A jelenlegi legfontosabb teleptípus kétségtelenül a mérsékeltén savanyú granitoid kőzetekhez kötött, szinte kizárólag mészkő környezetben elhelyezkedő kontakt metasomatikus dúsulás. Ennek a legnagyobb a fémkoncentrációja is. Az ércet gyakran Mo is kíséri. A telepek hossza olykor km-es nagyságrendű is lehet, s lefelé 1,5 km-en át is követhetők. Általában azonban a kisebb telepek gyakoriak.

A teléres előfordulások sok, $n \cdot 10$, sőt akár többszáz telérből állnak, de ezek a mélység felé aránylag gyorsan, 100–200 m után kiékelődnek. Fémkészleteik nem nagyok, általában inkább csak 1000 t nagyságrendűek. Rendszerint velük együttesen fordul elő a stokverkes-grejzenes típus. Ezek jóval nagyobb kiterjedésűek, de a fémtartalom az előzőnek csak mintegy 1/5–1/10-e. Egyelőre inkább a jövő szempontjából fontosak.

11. táblázat

A világ volfrámérc-telepeinek ipari típusai és fő jellemzői
(BÜHOVER, 1978 és PERVAGO, 1975 nyomán)

Teleptípus	A termelés százalékos megoszlása (a szocialista országok nélkül)	A készletek százalékos megoszlása			A művelés alatt levő előfordulások jellemző adatai			
		ismert	ismert és reménybeli	Szovjetunió (ismert és reménybeli)	átlagos WO_3 -tartalom (százalék)	Készlet ezer t WO_3	Évi termelési kapacitás	
							érc	fém
ezer t								
Kontakt metasomatikus W- (= scheelit), Cu-W és Mo-W-érc-telepek	60	65	52	30	0,2–2,5	10–200	100–5000	1–5
Hidrotermális, olykor grejzenekhez kapcsolódó teléres wolframit-telepek	36	26	33	12	0,5–1,5	5–50	50–300	0,3–2
Stokverkes grejzenes telepek	3	8	14	58	0,2–0,4	15–250	.	.
Wolframit-, vagy wolframit-ónkő torlatok	1	1	1	.	0,1–0,5	0,3–10	10–50	0,3–0,5

12. táblázat

A világ volfrám-termelésének és készleteinek megoszlása a fontosabb országok között
(Termelés a MBH 1978. alapján)

Az ország megnevezése	Termelés ezer t WO ₃ -ban	Készlet (százalék)		Fő teleptípus
		DTM 1973	BCW 1977	
		alapján		
Kína	11,3	51,2	46,9	teléres, stokverkes
Szovjetunió	10,0	11,6	10,6	kontakt metaszomatikus, stokverkes, teléres
Bolívia	3,7	2,1	2,0	teléres
USA	3,3	5,8	5,4	stokverkes, kontakt metaszomatikus, teléres
Dél-Korea	3,1	2,5	2,2	kontakt metaszomatikus, stokverkes, teléres
Koreai NDK	2,7	6,1	5,6	teléres, kontakt metaszomatikus, stok- verkes
Thaiföld	2,6	.	0,9	teléres, stokverkes
Ausztrália	2,4	1,9	2,7	kontakt metaszomatikus, teléres
Kanada	2,2	11,6	12,0	kontakt metaszomatikus
Portugália	1,6	0,5	1,1	teléres
Brazília	1,2	0,9	2,1	kontakt metaszomatikus
Japán	1,0	.	0,8	teléres, stokverkes
Franciaország	1,0	.	0,8	
Burma	0,4	1,7	1,6	teléres
Törökország	—	3,3	1,9	.
Egyéb országok	2,2	0,8	4,2	
Összesen	48,7	2,32 mt	2,03 mt	

A világtermelés, valamint a készletek főbb országok szerinti megoszlását a 12. táblázat mutatja be.

3.6. A világ cirkon-termelésének, valamint ismert (biztos és valószínű) nyersanyagkészleteinek az előfordulások ipari-genetikai típusai szerinti megoszlását a 13. táblázat mutatja be.

Az egyéb előfordulások között azokat a pegmatitokat, albititokat, egyes cirkonban dús alkáli kőzeteket, valamint foszforitokat említhetjük, amelyek

13. táblázat

A világ cirkon-telepeinek ipari típusai és fő jellemzői
(SZOLODOV, 1978. nyomán)

A telepek ipari és genetikai-teleptani típusa	A termelés	A készletek	Egy művelés alatt levő előfordulás	
	százalékos aránya		átlagos ZrO ₂ tartalma (százalék)	készlete (általában) ezer t ZrO ₂
Tengerparti (néha: folyóvízi) torlat	95	73	n · 1	n · 100
Mállási maradék	5	4	20—30	n · 100
Teléres baddeleyit	.	3	10—20	n · 100
Karbonatit	—	2	0,1—0,5	n · 100
Egyéb	.	18	.	.

anyagából melléktermékként nyerik ki a cirkont. Egyes metamorf kőzetek, köztük mindenekelőtt az egykori cirkon-tartalmú homokok átalakulásával keletkezettek potenciálisan szintén nyersanyagforrást jelenthetnek.

A világ cirkon-termelésében vezető országokat és a készletek megoszlását a 14. táblázat mutatja be. (Megjegyzendő azonban, hogy a Geowissenschaften und Bergbau (1976) 1975. évi becslése szerinti 14,2 mt fémkészlet megoszlása a következő: Ausztrália 42,1; USA 33,6; Szovjetunió 12,8; az összes többi állam 11,5%. A megoszlás egyébként mindkét esetben az ismert, de a nem műrevalót is magában foglaló készletre vonatkozik.)

14. táblázat

*A világ cirkon-termelésének és készleteinek megoszlása a fontosabb országok szerint
(Termelés a MBH 1978, készlet az USGS 1973. alapján)*

Az ország megnevezése	Termelés ezer t*	Az ismert készletek százalékos megoszlása	Az előfordulások ipari-genetikai típusa
Ausztrália	418,4	23,7	tengerparti torlat
USA	100,0**	29,7	foszforit, torlat, melléktermék
Szovjetunió	100,0**	16,5	fosszilis torlat
Délafrika	11,3	6,9	mállási maradék, torlat
Brazília	3,1	6,9-nél nagyobb	mállási maradék
Malaysia	3,1	.	tengerparti és folyóvízi torlat
India	(2,8)**	9,3-nál nagyobb	torlat
Thaiföld	(2,0)**		torlat
Sri Lanka	0,01	2,8	tengerparti torlat
Sierra Leone	—	2,8	tengerparti torlat
Egyéb országok	.	1,4	
Összesen	~ 640**	15,4 mt	

* 66–67% ZrO₂ tartalmú dúsítványban kifejezve

** becsült, ill. más forrásból származó adat

3.7. A *hafnium*nak — a réniumhoz hasonlóan — nemcsak önálló telepe, hanem önálló ásványa sincs. A termelés teljes egészében cirkonból és baddeleyitből származik. Ebben a két ásványban a Hf—Zr arány 1 : 30 és 1 : 70 közt váltakozik, átlagosan kb. 1 : 40. A termelt cirkon HfO₂ tartalma 1,5—2,0, a baddeleyit 2,00—2,45%.

Ennek megfelelően a hafnium-termelés és a készletek ipari típusok, ill. országok szerinti megoszlására a megelőzően a cirkonnal kapcsolatban említették az irányadók.

3.8. A világ *nióbbium*-termelésének és érckészleteinek az előfordulások genetikai-teleptani típusai szerinti megoszlását a 15. táblázat, a termelésben vezető országokat és a készletek megoszlását pedig a 16. táblázat mutatja be. Az összeállításokban a Szovjetunió, ill. a szocialista országok nem szerepelnek. (Az OCDE Interfutures c. tanulmánya szerint a Szovjetunióban van a világ 1974. évi Nb-készletének 6,3%-a.)

15. táblázat

A világ nióbbium-telepeinek ipari típusai és fő jellemzői
(SZOLODOV, 1978. nyomán)

A telepek ipari és genetikai-teleptani típusa	A termelés	A készletek	Egy művelés alatti előfordulás	
	százalékos megoszlása		átlagos	szokásos
			Nb ₂ O ₅ tartalma (százalék)	Nb ₂ O ₅ készlete (ezer t)
Mállási maradék				
— karbonatitoké	68	42	1,5	n .100—n .1000
— kolumbit-tartalmú alkáli gránitoké	8	0,1	n . 0,1	n . 10
Karbonatitok	18	> 43	n .0,1—2,0	n .10—n .1000
Tengerparti torlatok	4	2,6	n . 0,1	n . 10
Gránitpegmatitok	2	1,0	0,01—0,02	n . 0,1—n .1
Gránitok				
— savanyú	—	0,1	0,015	n . 1
— alkáli	—	5,0	0,2—0,3	n . 100
Egyéb	—	< 6,2	.	.

16. táblázat

A világ nióbbium- és tantál-termelésének és készleteinek megoszlása a fontosabb országok szerint
(Termelés a MBH 1978, készletek az USGS 1973. adatai nyomán)

Az ország megnevezése	Fém (ásvány)	1976. évi termelés 65% Nb ₂ O ₅ + Ta ₂ O ₅ tartalmú koncentrációtumban (tonna)	Az előfordulások ipari-genetikai típusai	Ismert műrevaló	
				Nb ₂ O ₅	Ta ₂ O ₅
				készlet (ezer t)	
Brazília	(Nb, Ta) (piroklór)	198 19 003	főleg mállási maradék	9 050	4,0
Kanada	(Nb)	3 712	karbonatit és	1 811	4,4
Nigéria	(Ta)	200	mállási maradék	464	10,0
	(Nb)	800	mállási maradék (alkáli gránit)		
Ausztrália	(Nb, Ta)	135	tengerparti torlat	.	.
Thaiföld	(Nb, Ta)	115	ónkő-torlatok	.	.
Zaire	(Nb, Ta)	79		650	50,0
Kenya	.	.		725	.
Uganda	.	.		500	.
Norvégia	.	.		130	.
USA	.	.		108	2,1
Egyéb országok	(Nb, Ta)	~ 200—250		409	1,4
Összesen				13 856	71,9

3.9. A tantál a nióbbiummal együtt fordul elő, de lényegesen kisebb koncentrációban. Ez a szoros kapcsolat mindössze a karbonatitos teleptípusban hiányzik. Ennek főéree, a piroklór, gyakorlatilag csak Nb-tartalmú.

A termelés és a készletek előfordulási típusok szerinti megoszlását a 17. táblázat mutatja be.

17. táblázat

A világ tantál-telepeinek ipari típusai és fő jellemzői
(SZOLODOV, 1978. nyomán)

A telepek ipari és genetikai-teleptani típusa	A termelés	A készletek	Egy művelés alatti előfordulás	
	százalékos megoszlása		átlagos	szokásos
			Ta ₂ O ₅ tartalma (százalék)	Ta ₂ O ₅ készlete (ezer t)
Mállási maradék				
— pegmatitoké	53	2	n .0,001	n .0,01
— alkáli gránitoké	3	1	n .0,001	n .0,1
— karbonatitoké	—	2	n .0,001	n .1
Gránitpegmatit	30	34,5	0,01 —0,03	n .0,01—n .1
Torlat	10	4	n .0,001	n .1
Ta-tartalmú gránit	n .1	4,5	0,013—0,018	n .1
Alkáli gránit	—	24	0,02 —0,04	n .10
Karbonatit	—	5	0,02 —0,03	n .1
				(néha 10—20)
Egyéb*	n .1	23	.	.

* Azok a telepek, melyek anyagából melléktermékként nyerik ki a Ta-t (kivéve a Nb-Ta telepeket)

A Ta—Nb arány a gránitpegmatitokban a legnagyobb. Ezek központi részében a Ta₂O₅ tartalom elérheti a 0,1%-ot; ez a Nb₂O₅ tartalom 3—4-szerese is lehet.

Legnagyobb készletekkel kétségtelenül az alkáli-gránit jellegű dúsulások rendelkeznek, bár ezek szerepe a jelenlegi termelésben egyelőre alárendelt. A kifejezetten savanyú kőzetek, ill. pegmatitok kiskonzentrációjú Ta-tartalmának kinyerését elsősorban az értékes kísérő ritkafémek (Be, Li, Cs) teszik lehetővé.

A világ tantál-termelésére és készletére vonatkozó adatokat a nióbbiummal együtt mutattuk be (16. táblázat). (Az OCDE hivatkozott Interfutures összeállítása szerint a világ Ta-készletének 6,7%-a esik a Szovjetunióra.)

A KGST gyakorlat szerint az ásványi nyersanyagelőfordulások ipari jelentőségük, végső soron az ott elhelyezkedő ásványi nyersanyagkészlet nagysága alapján nagy, közepes és kis csoportokba sorolhatók. A nagyolvadáspontú ritkafémekre nézve a közepes csoport határai a következők (I. BENKŐ 1977b):

— titán		
ilmenit	0,4—2,0	mt Ti
rutil	1—5	et TiO ₂
— vanádium	1—50	et V
— molibdén	1—5	et Mo

— volfrám	1—5	et WO_3
— cirkon	10—50	et ásvány
— nióbbium-tantal	1—5	et Nb + Ta

(Magától értetődően a felső határnál több készlettel rendelkező előfordulások a nagyok, az alsó határnál kisebbekkel rendelkezők pedig a kicsik.)

4. Készletnövelési lehetőségek

A 2.3, ill. 2.4. pontban közöltek szerint még a jelenleg ismert műrevaló készletek alapján is hosszú időre megnyugtatóan kielégíthetőnek látszanak a vanádium, nióbbium és hafnium igények, de tulajdonképpen nem adnak okot különösebb aggodalomra a titán, molibdén, rénium, sőt a volfrám és cirkon ellátottságot jelentő 40—60, ill. 30—50 éves számok sem. Ezek, főleg az utóbbi kettő azonban már fokozottan felhívják a figyelmet a kutatások fokozásának fontosságára, különösen ha az igények növekedési üteme az előre jelzett, vagy éppen annál is nagyobb lesz. Valójában csak a tantal ellátottságot jelző 15—25 éves számok adhatnak okot nyugtalanságra.

A helyzet azonban korántsem ilyen aggasztó. A jelenleg ismert készletek ugyanis távolról sem jelentik egyben a lehetőségek végső határát is, hanem növelésükre számos lehetőség van, mint pl.:

- új nyersanyagelőfordulások felfedezése (4.1. pont);
- a nyersanyagok új ipari előfordulási típusainak kimutatása (4.2. pont);
- minőségi okok, vagy kedvezőtlen települési viszonyok miatt eddig nem műrevalónak minősített telepek, ill. dúsulások termelésbe állítása (4.3. pont);
- a fémek fokozott kinyerése melléktermékként egyes más célra felhasznált nyersanyagok komplex feldolgozása révén (4.5. pont);
- a tengervíz oldott fémtartalmának kinyerése (4.6. pont).

Ez a sorrend nagyjából egyben a perspektívák realizálódásának várható időrendjét is jelenti. (NB. a felsoroltak jó része természetesen más nyersanyagokra, főleg az ércekre egyaránt érvényes.)

4.1. Mindenekelőtt: jelentősen *bővíthetők* a jelenleg ismert és a jelenlegi műszaki feltételek mellett is gazdaságosan termelhető és feldolgozható ércék készletei is. Nem véletlen, hogy a különböző becslések általában a meglévő ismert készlettel általában azonos mennyiségű *reménybelivel* számolnak (l. 4. táblázat).

Csak az ott közölt lehetőségek realizálódása révén is már jelentősen csökkennek a kedvezőtlen jelek, s tulajdonképpen csak — kisebb mértékben — a

molibdénre, valamint a cirkonra korlátozódnak. Úgy tűnik, hogy e két fém jelenlegi feltételek mellett művelhető telepeinek felfedezésére meglehetősen korlátozottak a földtani lehetőségek, s reálisan inkább csak arra számíthatunk, hogy a jövőben a más fémek miatt várhatóan lényegesen nagyobb arányban termelt karbonátitokból melléktermékként kinyerhető cirkon járul hozzá lényegesebben az ellátottság fokozásához.

Hangsúlyozni kell azonban, hogy minden perspektíva csak lehetőséget jelent, s nem automatikusan válik valósággá. Realizálásához céltudatos és eredményes földtani (é.: ásványi nyersanyag-) kutatás szükséges, mely a kimutatott és megkutatott ásványi nyersanyagkészlet formájában új értéket állít elő az ipari felhasználás számára (— és nem árt persze mellette olykor a hagyományos „jószerencse” sem).

4.2. A nyersanyagkészletek növelésének másik útja olyan új ipari és genetikai típusú előfordulások felfedezése és kimutatása, amelyek azelőtt nem voltak ismeretesek, vagy nem számítottak ipari jelentőségűnek. Az új ipari és genetikai típus nem jelent feltétlenül földtani-teleptani értelemben is újat. Lehet, hogy a dúsulás ismeretes volt azelőtt is, de az igények kicsinysége, vagy műszaki, ill. gazdasági okok miatt nem volt gyakorlati jelentősége. Most az igények növekedésével, ill. a műszaki haladás révén ipari jelentőségűvé válva a céltudatos ásványi nyersanyagkutatás új objektumává válik.

Ez a folyamat a földtani (é.: ásványi nyersanyag-) kutatás egész történetét végigkíséri. Különösen felgyorsult a századforduló, a ritkafémekre vonatkozóan pedig a második világháború óta, s már az azóta eltelt néhány évtizedben is számos, addig kellően figyelembe nem vett genetikai típus ipari jelentőségét bizonyította.

A folyamat tendenciája az, hogy a kis előfordulások helyett a nagy, sőt a gigantikus méretűekre tolódik át a termelés, s vele a kutatás is. Ezt a mennyiségi növekedést általában az átlagos fémtartalom csökkenése szokta kísérni; a nagytömegű fém- és a tömegtermelésre alkalmas éremennyiség azonban kárpótol a minőség romlásáért. A ritkafémek esetében ez a tendencia ugyan egyelőre nem, ill. csak helyenként és egyes fémek esetében érvényesült (vö. vanádium), perspektívában azonban minden bizonnyal számolnunk kell vele.

Az új genetikai, ill. ipari típusok közül a következőket említhetjük mint olyanokat, amelyek ipari jelentősége máris bizonyítottnak tekinthető, s amelyek további nagy tartalékokat jelenthetnek:

4.21. A *titan-* és *vanádiumérc*ekre nézve hatalmas tartalékokat jelentenek a bázikus és ultrabázikus kőzetekhez kötött, eddig nem, ill. csak helyileg műrelválnak tekintett likvidmagnás dúsulások. Jelentőségüket növeli, hogy a V és a Ti sokszor melléktermékként nyerhető ki a vasérc (titanomagnetit vagy magnetit) kohósításakor. Ezek a dúsulások nagykiterjedésű, sokszor több km hosszú, 100 m vastagságú hintett zónákként jelennek meg, s egy-egy előfordulás fémkészlete is 10 mt nagyságrendű lehet. A legnagyobb méretű ilyen

dúsulások a Szovjetunióban az Uralban, a Kola félszigeten, Indiában, Kana-
dában, az USA-ban, s főleg Délafrikában ismeretesek.

4.22. *Molibdén* esetében változatlanul az önálló, ill. a porfiros Cu-Mo, sőt Mo-Cu típus az uralkodó. Egy-egy ilyen előfordulás fémkészlete százezer t nagyságrendű lehet. Ugyanez, ill. főleg a porfiros Cu-Mo ércék molibdenitje a *rénium* fő forrása is. Valószínű, hogy a jövőben jelentősen növekedni fog a kisebb fémtartalmú, de nagyobb tömegű ércet tartalmazó grejzenes-stokverkes típus jelentősége, bár hangsúlyozzuk: a porfiros típus lehetőségei még koránt sincsenek kimerítve.

4.23. A *volfrám-érc*ek fő genetikai típusa, a kontakt metasomatikus mellett újabban egy rétegszerű, részben metamorf típust is sikerült kimutatni.

A termelés nagytömegű növelésére azonban egyelőre itt is a stokverkes típus jön elsősorban számításba.

4.24. Új teleptípusként kezelhetjük a különleges *karbonatit*-telepeket. Ötven éve még alig néhány ilyen volt ismeretes, azokat is inkább kőzettani érdekességnek tekintették. Termelésük csak az ötvenes években indult meg. Ma ezek, ill. a felszínükön levő mállási maradék a *nióbbium* fő forrása, de rohamosan nő a jelentőségük *cirkon* és természetesen hafnium, sőt tantál és titán szempontjából is. Ma még fel sem becsült (ill. -hető) készleteket tartalmaznak. A brazíliai Araxa előforduláson pl. 2 mt Nb_2O_5 készletet mutattak ki, a mállási kéregben meglepően dúsat (2,5–4,5% Nb_2O_5), a kanadai North Bay előforduláson 3,6 mt 0,6% Nb_2O_5 tartalmú piroklór-ércet, stb. (KOGAN, 1978).

Maguk a karbonatit masszívumok egyébként több, olykor 6–8 km átmérőjűek, koncentrikus felépítésűek, s meredeken húzódnak a mélység felé, akár 10 km-re is. A ritkafém dúsulásokat az őket átszelő sugaras vagy koncentrikus telérek, valamint (vagy) a masszívumok peremi és felső része tartalmazza.

Ma már több mint 150 ilyen masszívumot ismerünk. Kizárólag táblás területeken fordulnak elő: Norvégia, Szovjetunió (Kola félsziget, Szibéria), egész sor középafrikai ország (Nigéria, Zaire, Kenya, Tanzánia, Uganda, Mali), Kanada, Brazília, stb.

4.25. Jelentősen megnőtt a *pegmatitok* jelentősége is. Olyan fémeket nyernek ki belőlük önállóan és nagy tömegben, ill. koncentrációban, amelyeket eddig legfeljebb mellékterméknek tekintettek, vagy ki sem nyertek, vö. *tantál* (Kanada, mellette Cs, Li, Rb, Ga is), *nióbbium*, *titán* és Li (Zaire), *tantál*, olykor Be-mal (Mozambik).

4.26. Ugyancsak felértékelődtek a *tengerparti torlatok* is. A termelési és dúsítási technika fejlődése a minőségi határ olyan csökkenését tette lehetővé, hogy csak ennek révén is nagyságrendileg nőhet érc- és fémkészletük. Ausztráliában 1% nehézásvány tartalmú torlatok gazdaságosan termelhetők az addigi 10%-osokkal szemben. Mindez egész sor tengerparti ország, India, Sri Lanka, Brazília, Egyiptom, Szenegál, Libéria, Sierra Leone, Tanzánia, Dél-

afrika, Új Zéland perspektíváit is ugrásszerűen megnöveli cirkon és hafnium, helyenként pedig nióbbium és tantál, ill. titanomagnetit szempontjából, nem beszélve a kísérő ritka földfémekről, melyek olykor önmagukban is termelésre érdemesek lehetnek.

4.3. A készletnövelés további forrását a jelenleg minőségi vagy települési okok miatt *egyelőre gazdaságosan nem termelhető készletek* jelentik. A bányászati, valamint a dúsítási és feldolgozási technika fejlődésével azonban ezek az elkövetkező évtizedekben minden bizonnyal gazdaságossá válhatnak, amint erre már az előző pontban is említettünk példákat. A jelenlegi műszaki és gazdasági feltételek mellett gazdaságosan kitermelhető ismert és reménybeli készleteken kívül a már ma ismert, de egyelőre nem műrevaló készletek mennyiségét a 4. táblázat tünteti fel. Ezek reálisan kijelölhető időben műrevalóvá válhatnak.

(Az ismertetés során a három lehetőséget természetesen csak az elvi áttekinthetőség érdekében választottuk szét. A valóságban ezek felfedezése, kutatása és hasznosítása egymás mellett és egymással párhuzamosan halad. Nem egy esetben az ígéretes előfordulás kutatásának szinte melléktermékeként kerül, ill. kerülhet sor a második- vagy harmadikként említett lehetőség realizálódására.)

4.4. A három lehetőséget egybevetve megállapítható, hogy a várható igények még a kritikus fémből (tantál) is hosszú időre megnyugtatóan kielégíthetők, — de nem azonos gazdasági feltételek mellett. A vizsgált elemek *árának várható alakulásáról* ennek alapján — kizárólag földtani oldalról — a következőket mondhatjuk:

— vanádiumból, nióbbiumból, sőt gyakorlatilag titánból is gazdag lehetőségek vannak arra, hogy a készleteket olyan típusú előfordulások felfedezésével növeljük, melyek termelési és feldolgozási feltételei nem különböznek lényegesen a jelenleg művelés alatt lévőkétől. Ezeknek a fémeknek az ára földtani okok, azaz a nyersanyag lehetőségek szűkössége következtében *várhatóan nem fog jelentősen* növekedni (eltekintve természetesen az inflálódás hatásától, valamint az energiaköltségek várható növekedésétől, márpedig ez az utóbbi igen tetemes tételt jelent e fémek esetében);

— valószínű, hogy inkább csak a század utolsó évtizedében, esetleg másfél évtizedében sor kerül olyan molibdén, volfrám és cirkon előfordulások művelésére, amelyek a jelenleg termeltekénél kisebb koncentrációjú ércet tartalmaznak. A tömegtermelés lehetőségét, valamint a műszaki és feldolgozási technika fejlődését figyelembe véve ez valószínűleg áremelkedéssel fog ugyan járni, nem valószínű azonban, hogy ez drasztikus lesz. (Az energiaárak „begyűrűzésével” azonban kétségtelenül azzá válhat.)

— leghamarabb és legnagyobb mértékben valószínűleg a tantál árának emelkedésére lehet számítani. Ebből a fémből ugyanis a távlati szükségletek csak a jelenlegieknél határozottan kedvezőtlenebb, kisebb koncentrációjú elő-

fordulási típusokból elégíthetők ki, — hacsak a más területen erősen felfutó termelés következtében melléktermékként kinyerhető Ta-ásványok mennyisége nem nő ugrásszerűen. Itt tehát földtani okok következtében már viszonylag rövid időn belül is indokoltan várható az ár emelkedése.

A hafnium és a rénium árának alakulása értelemszerűen a molibdénét, ill. a cirkonét fogja követni, noha elvileg megfelelő készletmennyiségekkel számolhatunk.

4.5. További lehetőséget jelent a készletek növelésére a *fémek melléktermékként való kinyerése* más ércek, ill. egyéb ásványi nyersanyagok komplex feldolgozása során. Ezek közül egyik-másik már ma is reális forrást jelent, bár inkább csak helyileg. A megfelelő eljárások általános elterjedése, ill. üzemszerű alkalmazása újabb lehetőséget jelenthet.

4.51. *Már jelenleg is kinyerhető* — nem beszélve az eleve teljes egészében melléktermékként kinyert hafniumról és réniumról —

— *titán* a bauxit feldolgozása során; a Ti-szükséglet növekedésével egyébként is várhatóan jelentősen megnő a melléktermékként kinyerhető fém jelentősége. Ezek forrásául a titánvasérc (ilmenit), ill. általában a vasércek kohósítása, valamint a monacit és cirkon-koncentrátumok feldolgozása szolgál. A rutil egyébként egyes gyémánt-, ónkő-, platina-, ill. aranytorlatokból is kinyerhető melléktermékként;

— *vanádium* a bauxit feldolgozásakor; bitumenes pala, rézpala, bitumenes homok, kőolaj, égőpala hamujából; likvidmagma vasérc (magnetit, titanomagnetit), vagyis és biogén eredetű vasérc (ilmenit, rutil) és krómércek kohósítása során, foszforitból, stb.;

— *molibdén* a szapropél eredetű kőzetekből: bitumenes pala, bitumenes homok;

— *nióbbium és tantál* a torlatos ónérc dúsítása és feldolgozása során.

4.52. *Elvileg kinyerhető* — olykor kísérletileg is igazoltan — a következő fémek:

— *vanádium* a mélytengeri vas- és mangán-konkréciók anyagából;

— *nióbbium és tantál* a titánvasérc (ilmenit, rutil) feldolgozása során;

— *rénium* a mélytengeri vasas-mangános konkréciók anyagából, kőolaj-feldolgozás során, urán- és tóriumérc feldolgozásakor.

4.53. Az ásványi nyersanyagkészletek növelésének egyik fontos, bár *indirekt módszere* az érceben levő fémtartalom minél teljesebb kinyerése, sőt ezt megelőzően az érce minél teljesebb, minél kisebb termelési veszteséggel való kitermelése. Ezen a téren még jelentős tartalékok vannak (hazánkban különösen; igaz, nem a ritkafém-bányászatban. Mert ha nem is vagyunk egészen szegények nyersanyagokban, a bányászati termelés során úgy pazaroljuk őket, hogy azt egy nyersanyagokban gazdag ország is aligha engedhetné meg magának BENKŐ, 1977 a).

Ugyancsak további, bár kétségtelenül nem földtani lehetőséget jelent

a készletek növelésére az elhasznált fémek VÁRHEGYI (1979) kifejtette visszanyerése. Ez annál is inkább figyelmet érdemel, mert a ritkafémek feldolgozása közismerten igen nagy energia felhasználását igényli, így a visszanyerés jelentős energia megtakarítását is jelenti.

4.6. Ma még talán inkább utópiának tűnik, de könnyen lehetséges, hogy az ezredfordulóra realitás lesz a tengervíz oldott fémtartalmának a kinyerése. Bár a tengervíz aránylag kis koncentrációban tartalmazza a nagyolvadáspontú ritkafémeket, ez az óriási tömeg miatt nagy mennyiségeket képvisel, és lényegesen egyszerűbben kezelhető, mint a szilárd kéreg hintett elemtartalma. Összehasonlításul néhány adatot a 18. és 19. táblázatban mutatunk be.

18. táblázat

A nagyolvadáspontú ritkafémek tengervízben oldott mennyisége (MERO, 1965. nyomán)

Fém neve	Koncentráció mg/l	Mennyiség tonna
Titán	0,001	$1,5 \cdot 10^9$
Vanádium	0,002	$3 \cdot 10^9$
Molibdén	0,01	$1,6 \cdot 10^{10}$
Rénium	.	.
Volfrám	0,0001	$1,5 \cdot 10^8$
Cirkon	0,000026	$3,9 \cdot 10^7$
Hafnium	$< 0,000008^*$	$< 1,2 \cdot 10^7$
Nióbium	0,00001	$1,5 \cdot 10^7$
Tantál	$< 0,0000025^*$	$< 3,7 \cdot 10^6$

* kisebb a kimutatható koncentrációnál

19. táblázat

A nagyolvadáspontú ritkafémek tengervízbeli koncentrációja (RILEY és SKIRROW, 1975 nyomán)

Fém neve	Kémiai forma	Koncentráció
Titán	$\text{Ti}(\text{OH})_4^0$	$2 \cdot 10^{-8}$
Vanádium	H_2VO_4^- HVO_4^{2-}	$5 \cdot 10^{-8}$
Molibdén		$1 \cdot 10^{-7}$
Rénium	ReO_4^-	$2 \cdot 10^{-11}$
Volfrám	WO_4^{2-}	$5 \cdot 10^{-10}$
Cirkon	$\text{Zr}(\text{OH})_4^0$	$3,3 \cdot 10^{-10}$
Hafnium		$4 \cdot 10^{-10}$
Nióbium		$1 \cdot 10^{-10}$
Tantál		$1 \cdot 10^{-11}$

Külön kérdést — és külön problémát — jelent természetesen a tengerfenék ásványi nyersanyagainak kitermelése során kinyerhető ritkafém-tartalom.

Természetesen a megfelelő elemek földkéregbeli koncentrációja nagyobb, mint a tengervízé. Ezért a tengervíz fémtartalmával tulajdonképpen nem a kéregbeli dúsulások (telepek) fémtartalmát kellene szembeállítanunk, hanem a kéreg teljes fémtartalmát. Ennek azonban ellene mond az, hogy a szilárd kőzetekben szórt állapotban levő fémek kinyerésének realitása még a tengervízben levőnél is kisebb.

A kéregben a klark értékek alapján valószínűsíthető nagyolvadáspontú ritkafémek mennyiségét a 20. táblázat mutatja be.

20. táblázat

A nagyolvadáspontú ritkafémek földkéregbeli mennyisége a klark-értékek alapján

A fém megnevezése	Klark g/t	Kéregbeli mennyiség (t)	
		Összesen	Ebből kontinentális kéregben
Titán	4 400	$1,06 \cdot 10^{23}$	$6,65 \cdot 10^{22}$
Cirkon	165	$3,96 \cdot 10^{21}$	$2,49 \cdot 10^{21}$
Vanádium	135	$3,24 \cdot 10^{21}$	$2,04 \cdot 10^{21}$
Nióbium	20	$4,80 \cdot 10^{20}$	$3,02 \cdot 10^{20}$
Hafnium	3,2	$7,68 \cdot 10^{19}$	$4,84 \cdot 10^{19}$
Tantál	2,0	$4,80 \cdot 10^{19}$	$3,02 \cdot 10^{19}$
Molibdén	1,5	$3,60 \cdot 10^{19}$	$2,27 \cdot 10^{19}$
Volfrám	1,5	$3,60 \cdot 10^{19}$	$2,27 \cdot 10^{19}$
Rénium	0,001	$2,40 \cdot 10^{16}$	$1,51 \cdot 10^{16}$

A számításhoz az USGS (1973) adatait használtuk fel. Eszerint a kéreg teljes súlya $2,4 \cdot 10^{25}$ t, a szárazulati kéreg pedig ennek 63%-a, $1,51 \cdot 10^{25}$ t. Az egyszerűség kedvéért a számítás során mind a teljes, mind a kontinentális kéregben azonos klark-értékeket vettünk figyelembe. Ez kétségtelenül kisebb pontatlanságot jelent.

A — természetesen a kontinentális kéregre vonatkozó — adatokat a 4. táblázatban közölt készletekkel összehasonlítva az ismert és feltételezhető készlet 12–14 nagyságrenddel kisebb a kéregben levő összes fém-mennyiség-nél (noha készletként — ahol nem voltak rá adatok — az ismert műrevalóval azonos mennyiségű ismert nem műrevalót, s reménybeliként ezek összegének ötszörösét vettük figyelembe).

5. Hazai lehetőségek

A nagyolvadáspontú ritkafémek hazai lehetőségeinek vizsgálata során csupán a kérdés földtani oldalával kívánok foglalkozni, azaz azzal, melyek azok a természetes hazai nyersanyagok, vagy egyelőre inkább nyersanyag-lehetőségek, amelyek — ha potenciálisan és esetleg csak melléktermékként is —

ilyen fémek kinyerésére egyáltalában szóba jöhetnek. A kifejezetten feldolgozással kapcsolatos kinyerés kérdéseit ezért csak akkor érintem, ha azok alapanyaga hazai nyersanyag.

Mindenekelőtt: hazánkban önálló ritkafémelőfordulás egyelőre nem ismeretes. Földtani lehetőségük azonban nem zárható ki teljesen.

5.1. A *likvidmagma*s dúsulások közül a bázikus-ultrabázikus kőzetekhez kötött Ti és V forrásaként a sokat emlegetett, s időszakosan fel-felmerülő szarvaskői wehrlit és ultrabázit csak távlatokban, a dúsítási és feldolgozási technika jelentős fejlődése esetén jöhet számításba annál is inkább, mert az ércásványokban viszonylag dúsabb wehrlit mennyisége jelentéktelen, az ultrabázit fémkoncentrációja pedig nem nagy (vö. TiO_2 4–7%).

5.2. *Pegmatitos, karbonatitos, albitos és grejzenes* telepekre — legalábbis reálisan elérhető mélységig — aligha számíthatunk. Ez egyben az elsődleges cirkon, hafnium, nióbbium és tantál lehetőségét is minimálisra csökkenti (— mert a geológus nem szívesen használja a „kizárja” kifejezést).

5.3. *Kontakt metasomatikus* dúsulások lehetőségét viszont már korántsem szabad ennyire szkeptikusan kezelni. A már ismert recki dioritporfirrittal kapcsolatban ismeretes ilyen rézércdúsulás, s hasonló jellegű folyamatok lehetősége sem az északmagyarországi vulkanizmus gyökérrégióiban, sem a Dunántúlon nincs kizárva. Más kérdés, hogy ezek Mo, vagy éppen W szempontjából is lehetőséget fognak-e jelenteni, s valóban elérhető mélységben lesznek-e (ez az utóbbi egyébként a porfíros lehetőségekre is vonatkozik). Mindenesetre a legkedvezőbbnek látszanak a Tokaji hegység és a Budai—Dunazug hegység karbonátos aljzatának a feltételezhető szubvulkáni testekkel érintkező részei.

5.4. *Porfíros* (é.: porfírokhoz, azaz kisebb mélységű és kis intruziókhoz kötött) rézércelőfordulás ismeretes Recsken. Bár a kutatási adatok nem mutattak ki kinyerhető koncentrációjú molibdént, ennek a lehetőségét márcsak azért sem lehet teljesen kizárni, mert a fúrási minták Mo-tartalma szelektív elmosás következtében köztudomásúan a valóságosnál kisebbnek adódik, s az előrelátó tervezés is mindig gondol bizonyos rejtett tartalékokra. Az esetlegesen kinyerhető molibdén viszont eleve aktuálissá teszi az ilyen típusú érceben általában jelentősen dúsult rénium kinyerését. Hozzátehetjük, hogy hasonló porfíros ércelőfordulások lehetősége másutt sem kizárt, sőt esetleg akár réz-molibdén dúsulásoké sem. Erre ti. az előbb említett kis plutonok minden esetben potenciális lehetőséget jelentenek, ezek pedig minden jelentősebb kiterjedésű felszíni vulkáni terület aljzatában meglehetnek, sőt fedett helyzetben akár a Velencei hegység és a Balatonfelvidék között is. (NB. JANTSKY újabban a Velencei hg. minden ércindikációját az andezit-vulkanizmushoz köti, beleértve a Mo-t is. Ez viszont egészen más megvilágításba helyezi az egész Velencei hegységi kérdést.)

5.5. *Mállási maradék-üledékként* a hazai bauxitok Ti- és V-tartalmának kinyerése jöhet számításba; ezek a vörös iszapban köztudomásúan dúsulnak,

sőt a vanádium egy részét ki is nyerik. (NB. az USA-ban az arkanzasi bauxitok feldolgozásának potenciális melléktermékeként még nióbbiumra is számítanak.)

5.6. Külön kérdés a *torlatok* perspektívája. Ilyen típusú dúsulások lehetőségére a hazai földtani kutatás eddig nem fordított különösebb figyelmet. Természetesen ha egyáltalában, csakis fosszilis torlatok jöhetnek számításba. A Velencei hg. gránitjának, valamint a bakonyi és a mecseki vörös homokkő kristályos anyagzetének (NB. ez szolgáltatta az uránércet is) lepusztulása azonban ha nem is indokolja, de nem is zárja ki teljesen torlathomokok keletkezését. Ez pedig (— esetleg! —) cirkon, nióbbium, ill. tantál igen feltételes lehetőségét is jelentheti. Egyébként minden olyan terület, amelynek kőzettani felépítése megfelelő volt, s legalább egy földtani emeletnyi — bár inkább korszaknyi — időtartamon át szárazföldi lepusztulásnak volt kitéve, s a málladék viszonylag stabil partra szállítódott, potenciális dúsulási lehetőséget jelent.

5.7. A *kausztobiolitok* közül egyes, főleg eocén kőszenek, valamint a kőolaj hamujának V-tartalma jöhet számításba melléktermékként való kinyerésre.

A közöltek azonban utalnak arra is, hogy — a bauxitot kivéve — hazai vonatkozásban egyelőre legfeljebb a lehetőségek felvetésénél tartunk. Földtani ismereteink egyelőre még a konkrét felderítő kutatások megtervezését sem teszik lehetővé. A rendszeres ritkafémkutatás — beleértve a nagyolvadáspontú ritkafémek kutatását is — még a lehetőségek feltételeinek tisztázását, ill. körvonalazását igényli. Ezek megfelelő alátámasztása viszont tudományosan sokoldalúan megalapozott elméleti tematikai munkákkal lehetséges.

IRODALOM

- BENKŐ F.: Az ásványi nyersanyagokban szegény ország kérdéséhez. *Geonómia és Bányászat. Az MTA X. Osztályának Közleményei*, **10**, 1–2, 73–93, 1977 a)
- BENKŐ F.: Az ásványi nyersanyagprognózis alapvető elvi és módszertani kérdései, *MÁFI Módszertani Közlemények*, Budapest, Magyar Állami Földtani Intézet, **1**, 64, 1977 b)
- BROBST, D. A.—W. P. PRATT (szerk.-k): *United States mineral resources. Geological Survey Professional Paper*, Washington, United States Government Printing Office, **820**, 724, 1973.
- BÜHOVER, N. A.: *Geologo-ekonomicseszkoje osznovü prognoza mineralnüh reszurszov*. Moszkva, Nyedra, 232, 1978.
- Dünyada ve Türkiye de Metal ve Mineral Kaynaklarinin Potansiyeli, Ticareti, Beklenen Gelismerele 5. Volfram*. Ankara. Maden Tektik ve Arama, Enstitüsü Yayınlarından, 165, 1977.
- I. Országos Ritkafém Konferencia*, Miskolc, 1972. augusztus 31. — szeptember 1. Budapest, MTA KESz Sokszorosító, 1973.
- Geowissenschaften und Bergbau: Forschung und Entwicklung zur Sicherung der Rohstoffversorgung*, Teil I. Bonn, Druckhaus K. Schmitt Wwe KG, Frankfurt am Main, 1976.
- HAMPEL, C. A. (szerk.): *Rare Metals Handbook*. Second edition, London, Chapman and Hall Ltd. Reinhold Publishing Corporation, 1962.
- JAKZSIN, A. A.: *Poiszki i razvedka mesztorozszenyüi poleznüh iszkopajemüh*. Moszkva, Goszgeoltyehizdat, 1959.

- KALINYIN, Sz. K.—E. JE. FAJN: Raszprosztranyenyije renija v prirodnuh objektah. Alma-Ata, Nauka Kazahszkoj SzSzR, 144, 1977.
- KOGAN, B. I.: Redkije metallü. Prosloje, nasztojascseje, buduscseje. Moszkva, Nauka, 348, 1978.
- LISZICÜN, A. P.: Processzü okeanszkoj szedimentacii. Litologija i geohimija. Moszkva, Nauka, 392, 1978.
- MAGAKJAN, I. G.: Redkije, raszszejannüje i redkozemelnüje elementü. Jerevan, Izd. Akademii Nauk Armjanszkoj SzSzR, 1971.
- MERO, J.: The Mineral Resources of the Sea. Amsterdam—London—New York, Elsevier Publishing Company, 1965.
- Metal Bulletin Handbook*. Eleventh edition. Ed.: PACKARD, R. SURREY, Worcester Park. Metal Bulletin Ltd., 1978.
- Mineral facts and problems* — 1970. Washington, US Bureau of Mines, 1972.
- PERVAGO, V. A.: Uszlovija formirovanyija i geologo-ekonomiceszkaja ocenka promüslennüh tipov mesztorozsgyenyij cvetnüih metallov. Moszkva, Nyedra, 272, 1975.
- RILEY, J. P.—G. SKIRROW (szerk.-k): Chemical Oceanography. Volume I. 2nd edition. London—New York—San Francisco, Academic Press, 1975.
- SZMIRNOV, V. I.: Geologija poleznüh iszkopajemüh. Izd. tretje. Moszkva, Nyedra, 688, 1976.
- SZOLODOV, N. A.: Mineragenija litofilnüih redkih metallov. Moszkva, Nyedra, 176, 1978.
- Untersuchungen über Angebot und Nachfrage mineralischer Rohstoffe*. VI. Molibdän. Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover—Deutsches Institut für Wissenschaftsforschung, Berlin. Hannover—Berlin, 178, Dez. 1975.
- Untersuchungen über Angebot und Nachfrage mineralischer Rohstoffe*. IX. Wolfram. Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover—Deutsches Institut für Wissenschaftsforschung, Berlin. Berlin—Hannover, 194, Sept. 1977.
- VÁRHEGYI GY.: Ritkafémek világhelyzete és hazai jelentőségük. Magyar Alumínium, 9, 8—9, 284—286, 1972.
- VÁRHEGYI GY.: Nagyolvadáspontú fémek világhelyzete, előállításuk és felhasználásuk perspektívái Magyarországon. Budapest, 1979.

GEOLOGICAL FUNDAMENTALS OF THE WORLD-ECONOMIC PROBLEMS OF RARE METALS OF HIGH MELTING TEMPERATURE

By

F. BENKŐ

Abstract

Relying on the relevant—mainly British-American and Soviet—publications, the author examines the geological possibilities for satisfying a long-term global need for rare metals of high melting temperature.

From geological, mining and metallurgical and processing-technological considerations, the Hungarian Interdepartmental Coordinating Committee on Rare Metals assigns to the rare metals category, metals the prices of which on the price level of 1967/68 were at least 3.3 \$/kg. Of these titanium, vanadium, molybdenum, rhenium, tungsten, zircon, hafnium, niobium and tantalum have high temperatures of melting.

From the geological viewpoint, the author regards, in compliance with the conventional opinion, the Clarke value 0.02% as representing the limit for rare elements. Of the nine elements listed, it is titanium that exceeds this value. From the prospector's angle, the liability of an element to concentration or dispersion, respectively, is an important criterion. All the nine elements except rhenium and hafnium are known to have deposits exploited independently for the particular element concerned. These can be explored and prospected for by conventional geological and exploratory methods.

With a view to the commercial, workable world reserves known at present and to the production of 1976 and the expected demand of the year 2000, the author believes that the world is reassuringly well supplied with vanadium, rhenium, hafnium, niobium and even with titanium; satisfactory, according to him, are the reserves of molybdenum, tungsten and zircon. Even though acceptable in principle, the availability of rhenium and hafnium should be assessed as a function of the molybdenum and zircon resources, respectively available. The tantalum resources are not satisfactory to meet demand.

It is examined how the actual mineral reserves might be increased

- by involving potential, prognostic resources meeting the present-day technological and economic requirements;
- by revealing new commercial, workable types of deposits of the particular metals and
- by involving resources that are noncommercial, not workable according to present-day requirements owing to qualitative causes or to their particular mode of occurrence.

Comparing the existing possibilities, he concludes that, exclusively for geological reasons, i.e. on account of the wealth or meagerness of the mineral resources actually known to be available or potential, the following trends in the prices of the individual metals are expected to occur by the turn of the millenium: the price of tantalum is expected to increase from the immediate future onwards already; a rise, though not a drastic one, in the price of tungsten, zircon and molybdenum is expected to take place from the middle or end of the next decade onwards. No rise in the price of vanadium and niobium, not even in that of titanium, would be justified by geological causes. The inflation and the expected rise in the prices of mineral fuels, of course, will be superimposed to the changes that are expected to occur from geological considerations.

The recovery of single metals as by-products and, as a potentiality in the long run, the questions concerning the metal content of seawater, are also touched.

The metals under consideration have no independent deposits in Hungary. Just a part of the vanadium content of bauxites is recovered during its processing technology. The geological-geochemical perspectives of metals of high melting temperature and, in general, those of rare metals are for the moment still rather obscure. The author does not preclude the possibility of occurrence of metasomatic and fossil placer-type deposits. However, he thinks to be less probable the availability—at depth realistically accessible—of pegmatites, albitites, carbonatites and greisens. The probability of liquid-magmatic enrichments is believed to be very modest. The recovery of vanadium and titanium as by-products from bauxites and that of the vanadium content of oil-ash seem to offer realistic possibilities.

ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ВОПРОСОВ МИРОВОЙ ЭКОНОМИКИ РЕДКИХ МЕТАЛЛОВ ВЫСОКОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ПЛАВЛЕНИЯ

Ф. БЕНКЕ

Резюме

На основании опубликованных — преимущественно англо-саксонских и советских — литературных данных в статье рассматриваются геологические возможности обеспечения всемирных перспективных потребностей в редких металлах с высокой температурой плавления.

Руководствуясь геологическими, горнопромышленными и другими соображениями, в том числе соображениями металлургической переработки сырья, Межведомственная координационная комиссия по редким металлам в ВНР редкими считает те металлы, цены на которые на уровне цен 1967/68 гг. составляли не менее 3,3 \$/кг. Из них к числу металлов с высокой температурой плавления относятся титан, ванадий, молибден, рений, вольфрам, циркон, гафний, ниобий и тантал.

С геологической точки зрения автор в соответствии с общепринятой точкой зрения пределом для редких элементов считает значение кларка, составляющее 0,02%. Из перечисленных девяти элементов эту величину превышает титан. Важным поисковым критерием является склонность элемента к обогащению или рассеиванию. Из числа девяти элементов за исключением рения и гафния все имеют известные промышленно самостоятельно освоенные месторождения. Они могут быть разведаны обычными геолого-разведочными методами.

На основании ныне известных промышленных запасов мира, а также добычи 1976 г. и ожидаемых для 2000 г. потребностей, автор обеспеченность запасами минерального сырья в отношении ванадия, рения, гафния, ниобия и даже титана считает обнадеживающей; по его мнению удовлетворительна обеспеченность в отношении молибдена, вольфрама и циркона. Обеспеченность в принципе запасами рения и гафния, однако, следует оценить в зависимости от обеспеченности молибденом или цирконом, соответственно. Минерально-сырьевая база не удовлетворительна для обеспечения потребностей в тантале.

В статье проводится анализ возможностей увеличения запасов полезных ископаемых

— за счет привлечения перспективных запасов, отвечающих современным техническим и экономическим кондициям,

— путем выявления новых промышленных типов месторождений отдельных металлов и

— за счет привлечения непромышленных ресурсов, не отвечающих современным кондициям по качественным причинам или из-за неблагоприятных условий их залегания.

В результате сравнения и сопоставления возможностей делается вывод, что в связи с исключительно геологическими причинами, то есть из-за обилия или же недостатка имеющихся или потенциальных запасов минерального сырья в ценах на отдельные металлы до конца тысячелетия ожидаются следующие тенденции изменения: цена на тантал видимо будет уделичиваться уже в ближайшие годы; начиная с середины или конца следующего десятилетия ожидается недрастичное увеличение цен на вольфрам, циркон и молибден. Геологические причины не оправдывают какое либо увеличение цен на ванадий и ниобий, и по-видимому даже на титан. Ожидаемый рост инфляции и цен на энергетическое сырьё, естественно, будет наложен на изменения, ожидаемые исходя из геологических соображений.

В статье касаются вопросы, связанные с извлечением отдельных металлов в виде компонентов-спутников, а также — в качестве возможности в перспективе — с освоением металлов, содержащихся в морской воде.

Рассматриваемые металлы на территории ВНР не имеют изветных самостоятельных месторождений. В качестве вторичных продуктов в процессе переработки бокситов осваивается часть содержащегося в бокситах ванадия. Геолого-геохимические перспективы редких металлов в общем и металлов высокой температуры плавления в частности пока еще не выяснены. Автор не исключает возможность нахождения контактно-метаморфических и россыпных месторождений; менее вероятно, по его мнению, выявление на реально доступных глубинах пегматитов, альбититов, карбонатитов и грейзенов, причем весьма скромна вероятность обогащения ликвид-магматических обогащений. К тому же, существует реальная возможность извлечения содержания ванадия и титана в бокситах в качестве попутного продукта их переработки, кроме того — ванадия, содащержеогося в некоторых бурых углях эоценового возраста и возможно в золе нефти.

ADATOK A SZÉNHIDROGÉNKUTATÓ FÚRÁSOK ÁLTAL FELTÁRT MEDENCEBELI PANNON KÉPZŐDMÉNYEK LITOLÓGIAI TAGOLÓDÁSÁNAK ISMERETÉHEZ TRENDELEMZÉS ALAPJÁN

SZALAY ÁRPÁD—SZENTGYÖRGYI KÁROLY

A medencebeli pannóniai képződmények megismerésének kezdeti lehetőségeit az 1920 utáni mélyült kincstári fúrások jelentették. A pannóniai medencekitöltés részletesebb hozzáférhetőségét azonban csak az ipari méretű szénhidrogénkutatás teremtette meg a szervezett kutatás és feltárás révén. A fokozatosan gyarapodó fúrási adatok nyomán a medencebeli pannóniai képződmények a medenceüledékek legjobban feltárt részévé váltak.

A képződményekhez fűződő ipari-gazdasági érdekek növekedése mind részletesebb ismereteket igényelt, ezért a szénhidrogénkutatás szakemberei is kidolgozták a 70-es évek elejére a pannóniai képződmények — az adatok gyarapodásával mind részletesebb — litológiai, rétegtani modelljét. A szénhidrogénkutatás jelenleg is igényli e képződmények folyamatos, főleg kőzettani szempontú vizsgálatát. Ennek eredményeként az elmúlt három évben elkészült a pannóniai képződmények feldolgozása, amely munka a kőzettani felépítésben kimutatható tagolódás szabályszerűségeit, a litogenetikai egységek értelmezését és az üledékképződés térbeli elrendeződésének összefüggéseit kívánta feltárni.

Vizsgálati módszer

A vizsgálatokat az Alföld, a Kisalföld és a DNy-Dunántúl neogén medencéiben mélyített szénhidrogénkutató fúrások adatai alapján végeztük. A másfél ezer fúrási rétegsor képviseli a vizsgált üledékgyűjtők, medencerészek valamennyi mélységtartományát és legjellemzőbb szelvényét.

A mélyfúrásokkal feltárt pannóniai képződmények vizsgálata magfúrási anyagok és kútgeofizikai szelvények segítségével történt.

A közvetlen, magfúrásból végzett anyagvizsgálatok pontos adatokkal szolgálnak a kőzettani felépítésre, sajátosságokra, fáciesre vonatkozóan, azonban a szakaszos mintavétel ténye számottevő mértékben korlátozza az így nyert adatok értelmezésének lehetőségét. A kizárólag karotázs jelleg alapján történő tagolás viszont lényegében a rétegsor fizikai jellemzők szerinti tagolását jelenti, ugyanakkor ilyen módon folyamatos adatsor nyerhető. A feldolgozás két módszerének, eszközének egyesítése a gyakorlatban sokszor nem sikerül tökéletesen az eltérő dimenziókból fakadóan.

Vizsgálati módszerünk olyan kútgeofizikai szelvények feldolgozásán alapul, amelyek alkalmasak arra, hogy a kiválasztott kőzettípusok megbízhatóan elkülöníthetők legyenek. E kívánalmat rendszerint a *mikrolaterolog* szelvények elégítik ki, esetenként azonban egyéb szelvények információit is be kell vonni az adatgyűjtésbe, majd az így nyert adatokat anyagvizsgálatok adatai alapján kőzettani tartalommal kell kitölteni.

A medencebeli pannóniai képződmények pelites (agyag, márga, aleurit és keverékek) és homokos (homok, homokkő), alárendelten kavicsos kőzetekből (konglomerátum, homokos kavics) állnak. A szelvények elemzése során a két alapvető jelentőségű kőzetcsoportot különítettük el (pelites és homokos kőzetek).

Az adatok értelmezése és ábrázolása azon a megfontoláson alapul, hogy *a folyamatosan, de térben és időben eltérő mértékben süllyedő medencék feltöltődése bizonyos szabályszerűségek szerint megy végbe. A medencefejlődés lényeges változása az ősföldrajzi körülmények alapvető változásainak következménye, ezért ez a medence üledékeinek litológiai kifejlődésében, a litológia trendszerű változásaiban tükröződik.*

Olyan kiértékelési, ábrázolási eljárást kerestünk, ami az üledékképződés folyamatát követve, a változás lényegi, trendszerű jellegét emeli ki. A litológiai alkatot tükröző trendszakaszok a medencefejlődés egyes szakaszainak kifejezői. Ezek a szakaszok markerként is használhatók. A litológiai trendelemzés a medencefejlődés fő mozzanatainak megragadása mellett az egyes fejlődési szakaszok részletes mennyiségi elemzésére is felhasználható.

A vázolt feladat megoldásához, az üledékképződés sztochasztikus folyamatának megfelelően, *kétváltozós rendszer matematikai modelljét használtuk fel.* A kétváltozós rendszer használatát a pannóniai képződmények lényegében két nagy kőzetcsoportra oszthatósága indokolja (pelites és homokos kőzetek).

Ha egy rendszer két állapotot vehet fel véletlenszerűen, akkor egy intervallum történetét egy 2×2 -es mátrix elemei reprezentálják. A mátrix

$$\begin{bmatrix} A_{11} & A_{12} \\ A_{21} & A_{22} \end{bmatrix}$$

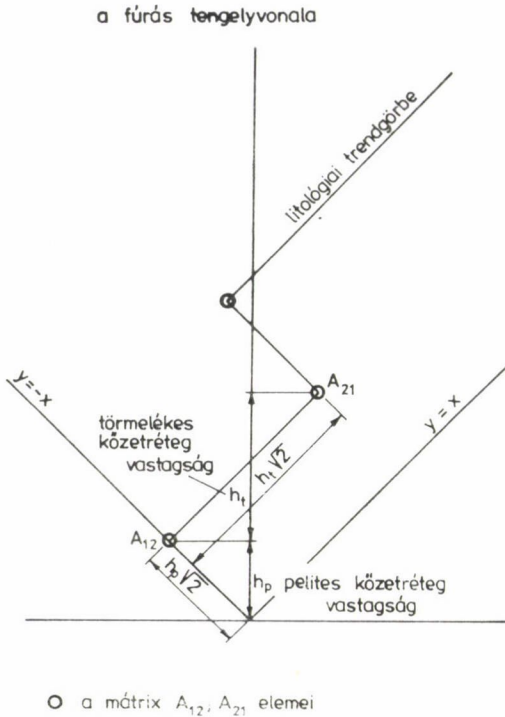
általános alakban írható fel.

Az azonos indexű elemek száma (A_{11} , A_{22}) azt mutatja, hogy a rendszer hányszor vette fel az 1-es ill. a 2-es állapotot. Az A_{12} jelöli azon esetek számát, amikor a 2-es állapot követte az 1-es állapotot, az A_{21} az ellenkező irányú átmenetek számát tükrözi. Az 1-es állapot a homokos, a 2-es állapot a pelites kőzetek vastagság értékeinek felel meg.

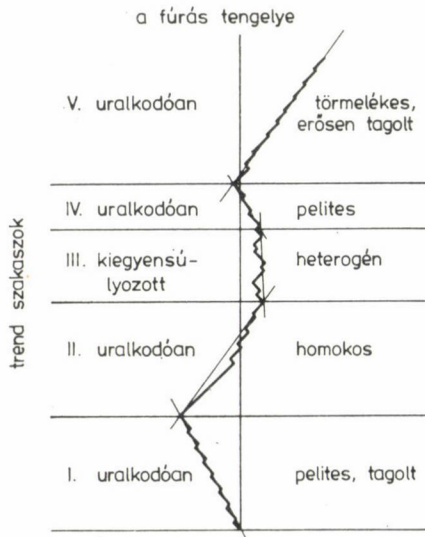
A rendszer elemeinek változását síkban ábrázolhatjuk úgy, hogy az $y = x$ függvény mentén jelenítjük meg az 1-es állapotot, a szelvényből leolvasott homokos rétegek vastagságértékeit, az $y = -x$ függvény mentén pedig a 2-es állapotnak megfelelő pelites rétegek vastagságértékeit. A litológiai alkat térbeli és időbeli fejlődését a fúrás tengelyével egybeeső null-vonalhoz viszonyíthatjuk (1. ábra).

A litológiai trendgörbe alapján kijelölhetők az azonos trendű szakaszok (2. ábra). Ezek a fúrás tengelyvonalához (null-vonal) viszonyított hajlásszöge $+45^\circ$ és -45° határértékek között változhat a szakasz litológiai heterogenitásától függően. Az egyes fúrások litológiai trendgörbéit mennyiségileg is lehet jellemezni (1. táblázat).

A kútgeofizikai szelvények litológiai kiértékelésének vertikális trendelemzése megteremti a litológiai trendszakaszok horizontális irányú követése alapján, a litogenetikai egységek korrelációjának lehetőségét. A pannóniai üledékösszet litogenetikai egységeinek regionális azonosítására, az egység-



1. ábra. A litológiai trendgörbe vázlata és jellemzői



2. ábra. A litológiai trendszakaszok kijelölése a trendgörbén

gek medencén keresztül való követésére a karotázs azonosítás szénhidrogénmezőn belül alkalmazott eljárásait nem tartjuk célravezetőnek. A fúrások távolsága egy regionális szelvény mentén sokszor lényegesen nagyobb, mint a karotázs szelvényen kijelölt markáns jellegekkel rendelkező litológiai egység horizontális kifejlődése. A regionális karotázs azonosítás akadályja a karotázs azonosítás heteropikumokra való érzéketlensége, hiszen az eljárás alapja az egyedi jegyek azonosítása. Ezzel szemben a litológiai trendgörbék éppen az

1. táblázat

	Pelites	Homokos	Pelit vastagság	Homokkő vastagság	Pelit	Változás száma
	rétegek vastagsága				homokkő	
<i>I. trendszakasz talpa</i>	5	1	26	7	7,7	5
	3	2				
	18	4				
<i>II. trendszakasz talpa</i>	1	14				
	1	30				
				

egyedi jegyekre érzéketlenek, az üledékképződés folyamatában megnyilvánuló általánost tükrözik, a trendszerűt emelik ki. (A rétegsor fokozatos elagyagosodását vagy éppen a homokkövek túlsúlyra jutását mutatják.)

A hasonló litológiai trendű litogenetikai egységeket csak úgy azonosíthatjuk, hogy a leülepedés ősföldrajzi körülményei által meghatározott kifejlődési egységeket a heteropikus kifejlődés felismert szabályszerűsége szerint kapcsoljuk össze. Ilyen felismert szabályszerűség az alsópannoniai Pa_1^2 egységen belül megnyilvánuló, a medence belseje felé mutató elhomokosodási tendencia vagy a DK-alföldi mély süllyedék ÉK-i, elkeskenyedő részének uralkodóan pelites kifejlődése.

A litogenetikai egységek azonosítását a felsópannoniai, törmelékes dominanciájú egység (Pa_2) aljától kezdtük el és haladtunk lefelé. A távoli fúrások között a szintek, egységek követéséhez lehetőség szerint felhasználtuk szeizmikus szelvények adatait is. A rétegződési viszonyokat érzékenyen követő szeizmikus szelvények igazolták az egymásnak megfeleltetett litogenetikai egységek korrelációjának helyességét.

A pannóniai képződmények tartalma

A szénhidrogénkutató fúrások által feltárt medencebéli rétegsorokban *a szarmata rétegek teteje és a felsőpliocén rétegek fekéje közötti képződményeket tekintjük pannóniai képződményeknek.*

Míg a feké felé az elhatárolás rendszerint különösebb nehézség nélkül elvégezhető, addig a fedő képződmények felé a határ megvonása gyakran elég bizonytalan.

Teljesen eltekintve ezúttal a pannóniai képződmények tagolása, rétegtani tartalma, biosztratigráfiája és korrelációja körüli, lényegében mindmáig lezáratlan vita érintésétől, itt kizárólag a képződmények litogenetikai tagolásának lehetőségét vizsgáljuk.

Már a viszonylag vékony medenceperemi rétegsorok megismerése során felismerhető és egymással szembeállítható volt a pannóniai képződmények két, közzettani felépítés tekintetében is különböző részlege. A két egység különböző üledékképződési folyamatok terméke, indokolt tehát az önállóság hangsúlyozása. Az ősmaradványtartalomban mutatkozó különbségnek — a biosztratigráfiai tartalom értelmezése körüli viták mellett — időrétegtani értelmet is szokás tulajdonítani, továbbá a rendszeresen azonos települési sorrendben jelentkező két képződménysort litológiai is meg lehet különböztetni; megengedett tehát e részlegeket alsópannóniai és felsőpannóniai rétegeknek nevezni és az utóbbi szempont alapján *litosztratigráfiai* egységként használni.

Alsópannóniai képződményeknek tekintjük a szarmata vagy idősebb képződmények és a felsőpannóniai képződmények közötti rétegeket.

A pannóniai képződményekkel kitöltött mélyebb medencerészek rétegsorainak feldolgozása nyomán a vonatkozó üledéksorokban *három* (két alsópannóniai és egy felsőpannóniai) üledékképződési egység ismerhető fel. A három egység egymás felett teljességében csak a legmélyebb medencerészek területén fejlődött ki.

Ez az üledékképződés és a paleomorfológia szoros összefüggését bizonyítja és az üledékgyűjtő térben (időben) fokozatosan bővülő jellegét igazolja.

A pannóniai képződmények tartalmával kapcsolatosan szükséges részletesebben kitérni az alsópannóniai mélyebb helyzetű üledékképződési egységre (Pa_1^1) vonatkozó bizonytalanságra, problémára. Ez az egység üledéktani felépítését tekintve önálló, mindig a mély süllyedékek belső zónájában, rendszerint bádeni és biztosan megállapítható rétegtani helyzetű alsópannon képződmények között jelentkezik. Feküjéből és fedőjébe üledékmegszakadás jele nélkül fejlődik ki ill. megy át. Szarmata képződményeket ezeken a helyeken ősmaradványokkal eddig kimutatni nem sikerült (tiszántúli mélyzóna). Feltételezzük, bár ezt őslénytani adat sem nem erősíti meg, sem nem cáfolja, hogy a Pa_1^1 egység az Alföldnek ezen a medencerészén a „hiányzó” szarmata

képződményeket képviseli. Tárgyalásukra mégis itt kerül sor, mert rétegtani helyzetükre vonatkozó új szempont éppen e munka kapcsán vetődött fel, továbbá mert az ipari dokumentációkban ezek a képződmények alsópannóniai-ként szerepelnek.

Az alsópannóniai üledékek lerakódása a süllyedéknak jelentős nagyságú belső részein tehát folyamatos lehetett, ugyanakkor a környező magas szerkezeti helyzetű területek („gát”) viszont szárazulatok voltak.

A pannon középső üledékképződési egysége túlterjedő módon települ a Pa_1^1 egység képződményein vagy addig üledékképződésmentes aljzaton. Az üledékgyűjtő mindhárom morfológiai zónájában kimutathatók további belső üledékképződési egységei, amelyek heteropikus litofácieseken keresztül kapcsolódnak egymáshoz.

A felső üledékképződési egység (Pa_2) a felsőpannóniai képződményeket tartalmazza, amelyeket a homokos közettani jellegben megnyilvánuló közös sajátosság révén a litológiai trendgörbéken minden nehézség nélkül el lehet különíteni.

A pannóniai képződmények települése

A szénhidrogénkutatás során feltárt *pannóniai képződmények vagy üledékfolytonossággal szarmata rétegeken vagy kisebb-nagyobb rétegtani hiánnyal idősebb képződményeken települnek.*

A szarmata rétegekre települt alsópannon képződmények üledékfolytonosságát a kutatófúrások szakaszos mintavételei miatt többnyire nehéz kimutatni. A tiszántúli neogén süllyedék területén bádeni üledékek felett, üledékmegszakadás jele nélkül fejlődik ki — ősmaradványmentes rétegeken keresztül (Pa_1^1) — az alsópannon, vagyis csökkentsósvízi ősmaradványokkal nem bizonyítható a szarmata képződmények jelenléte. Okkal feltételezhető azonban, hogy a középsőmiocén elejétől a jelenkorig folyamatosan süllyedő területről a szarmata (felsőmiocén) képződmények sem hiányoznak, mindössze arról lehet szó, hogy az ismert partszegélyi karbonátos kifejlődéstől eltérő litofáciesben vannak jelen. Feltételezzük, hogy a Pa_1^1 üledékképződési egység a mély neogén medencékben a *szarmata képződményeket* tartalmazza. Emellett szól a már említett indokokon túl, hogy bádeni marin foraminiferák ezen egység alatt, a jól meghatározható *Limnocardiumok* e felett jelentkeznek. A több közvetett bizonyíték ellenére e feltevés bizonyítása további részletes munkát igényel még.

Gyakran *látszólagos üledékmegszakadás* észlelhető a fúrási rétegsorokban a szarmata és alsópannon rétegek között, ami rendszerint abból fakad, hogy a kevésbé diagenizált szarmata üledéket a pannon vízmozgás elmosta. A Zalai-medencében azonban — a lejtőzónában — számos üledékfolytonos átmenet ismeretes megfúrási anyagokból is.

Vitathatatlan az *üledékképződés megszakadásának* ténye a kiemelt szerkezeti helyzetű hátságok nagy részén, ahol az alsópannon vékony, a litogenetikai, üledékképződési egységek jórészt vagy teljesen hiányoznak.

A nagyszámú mélyfúrás feldolgozása alapján megállapítható, hogy a Pa_1^1 egység felett a Pa_1^2 egység mindig túlterjedő településű. Medenceterületeink jelentős nagyságú részein folyamatos felsőmiocén-alsópannon üledékképződés tételezhető fel ill. mutatható ki, más területeken üledékképződés megszakadásával kell számolni.

Az alsópannon képződmények litológiai tagolódása

Az alsópannon üledékcsoport települését és közettani jellegét tekintve önálló egység. Jellemző üledékképződési egységei egymással hasonló viszonyban és települési sorrendben mutatkoznak valamennyi medencerész területén.

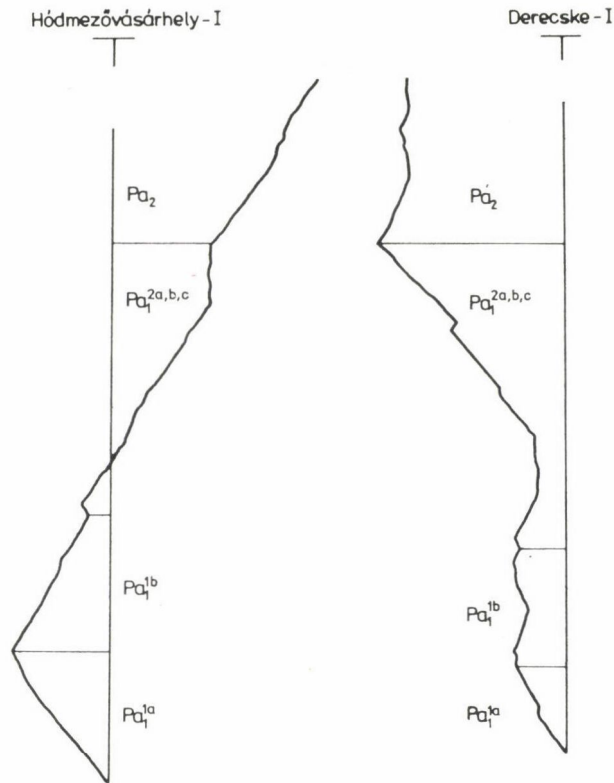
A közettani egységek trendjében jelentkező szabályszerűség a medencefejlődés egységes folyamatjellegét hangsúlyozza a kétségtelenül meglévő térbeli és kifejlődésbeli különbségek mellett.

Az üledékgyűjtők paleomorfológiai adottságainak fontossága ismeretében a medencebeli alsópannon képződmények tanulmányozását a mély süllyedékszónák belső területeiről kiindulva célszerű elkezdni. Az üledékgyűjtőnek ebben a zónájában a felsőmiocén képződményekre megszakítás nélkül következnek az alsópannon rétegek. A vastag üledéksorral kitöltött, intenzíven süllyedt mélyzónák és a lassabb, valószínűleg időben is megkésett aljzatmozgású mélybeli hátságok közötti átmeneti üledékfelhalmozódási zóna a bonyolult fáciesösszefogazódások térsége. Kimutatható, hogy a medencesüllyedés egységes folyamatán belüli differenciák nem voltak olyan mértékűek — egyes részmedencékre vetítve — hogy az alapvető közt fáciesbeli különbségek elmosódtak volna. A litológiai trendgörbék térbeli értelmezése arra mutat, hogy *a képződmények vastagságkülönbségei alapvetően nem vízmélységbeli, hanem a süllyedés eltérő ütemében megnyilvánuló különbségekre vezethető vissza.*

A szénhidrogénkutató fúrások által feltárt alsópannon képződmények a mély medencerészek tengelye mentén közettani kifejlődést tekintve két üledékképződési egység kőzeteit tartalmazzák (3., 4. ábra).

Az alsó üledékképződési egység litológiailag kétosztatú (Pa_1^{1a} , Pa_1^{1b}), a két részleg rendszeresen azonos települési sorrendben mutatkozik a vizsgált medencerészek területén. Az egység elterjedése a DNy-dunántúli és tiszántúli mélyzónára korlátozódik (5. ábra).

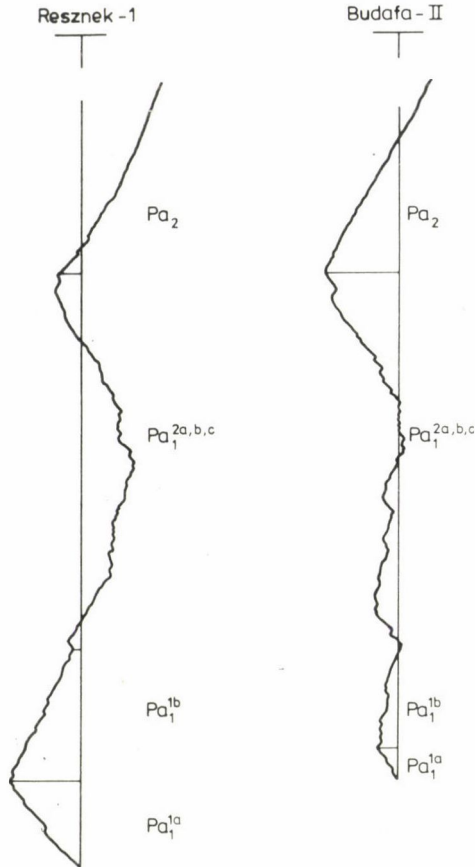
A Pa_1^{1a} egység a miocén képződményekből folyamatosan fejlődik ki. Felépítése uralkodóan pelites jellegű, gyakran tartalmaz azonban vékony kavicsos közbetelepüléseket is. Erősen diagenizált, sötétszürke márga, alárendelten mészmárga és agyagmárga építi fel az egységet. Vastagsága a tiszántúli mélyzónában 300—500 m, kivételesen 1100 m. Az itt tapasztaltnál csekélyebb



3. ábra. A tiszántúli mélyzóna jellegzetes litológiai trendjei a depresszió tengelye mentén

vastagságban fejlődött ki az összlet a délnyugat-dunántúli mélyzóna területén. A Pa_1^{1a} üledékképződési egység litológiai trendjének gyökere a miocén képződményekbe nyúlik át, lényegében ez utóbbiak megszakítás nélküli felhalmozódási trendje folytatódik a Pa_1^{1a} egységben.

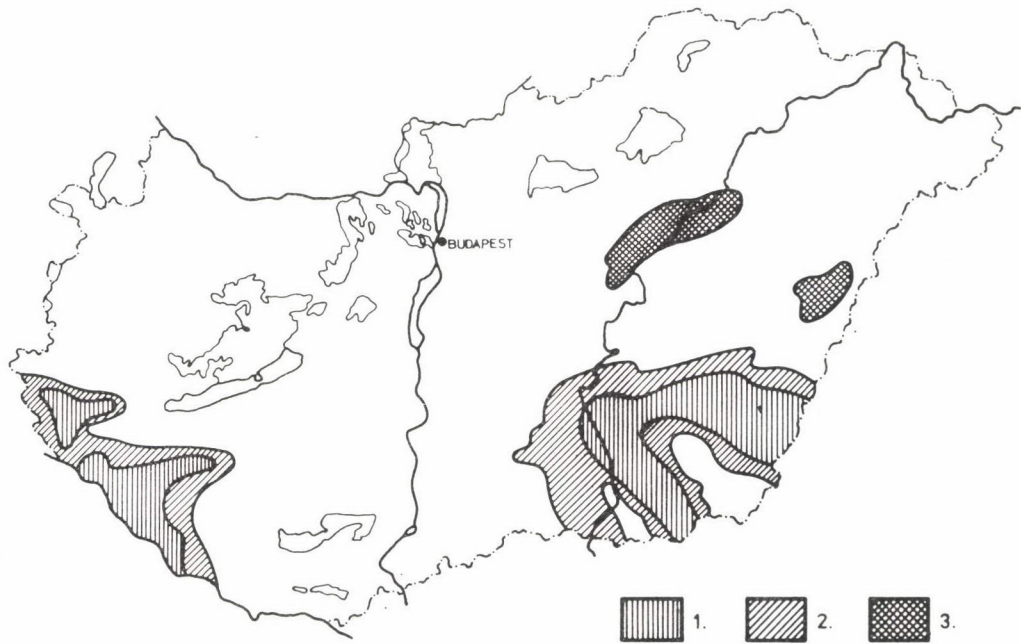
Ugyancsak a mélyzónákban, az előbbi egységre éles határral uralkodóan homokos kőzetekből álló egység következik (Pa_1^{1b}) (3–4. ábra). Vastagsága a tengelyzónában 370–600 m, a morfológiai „lejtők”-ön 400–500 m. Ez az egység a kiemelt szerkezeti helyzetű mélybeli hátságok felett hiányzik. A Pa_1^2 üledékképződési egység képződményeinek elterjedése jelentősen meghaladja a Pa_1^1 egység képződményeinek elterjedését. A Pa_1^2 egységet a medencerészek mindhárom lerakódási környezetében jól felismerhető három-osztásúság jellemzi (6–9. ábra). Az aljzatsüllyedés sebessége az üledékvastagságok kialakulására, a paleomorfológiai viszonyok pedig a heteropikus fáciesek képződésére gyakoroltak hatást. Az üledékképződési egység *peremi* helyzetben vékony abráziós képződményeket is tartalmaz, amelyek térben fokozatosan eltolódva a partvonal helyzetének változását jelzik. A süllyedések



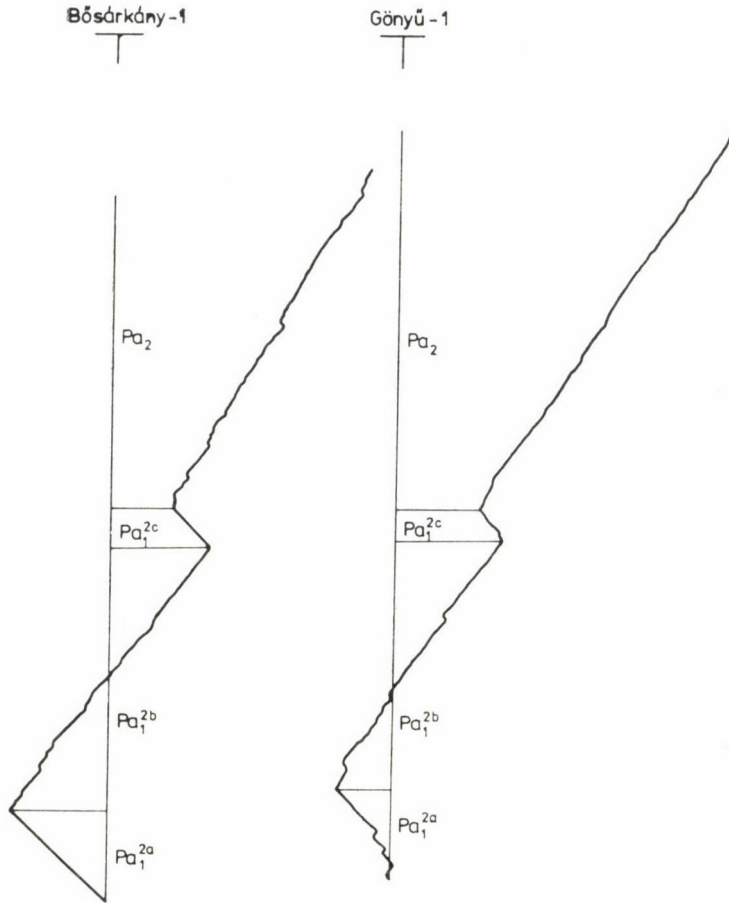
4. ábra. A délnyugat-dunántúli mélyzóna litológiai trendgörbéi a depresszió tengelye mentén

tengelyzónájában viszont a Pa_1^2 egység alsó határát pelites rétegek alkotják. A partszegélyi abráziós képződmények nem csak homokos, kavicsos kőzetekből állnak, hanem genetikailag és települési helyzete alapján ide sorolható a „bázis” mészmárga. Ez utóbbi szoros kapcsolata a durvatörmeléken alapképződményekkel és a karbonátos kifejlődésű szarmata rétegekkel arra mutat, hogy a fokozatosan előnyomuló partvonal mentén a fekü ugyancsak partszegélyi kifejlődésű szarmata rétegeinek feldolgozása szolgáltatta jórészt a mészmárga anyagát. Ez a folyamat ugyan nem tekinthető általánosnak a vizsgált medencérezekben, a Dél-Alföldön azonban jól nyomon követhető és hatásával a többi medencérez területén is számolni kell.

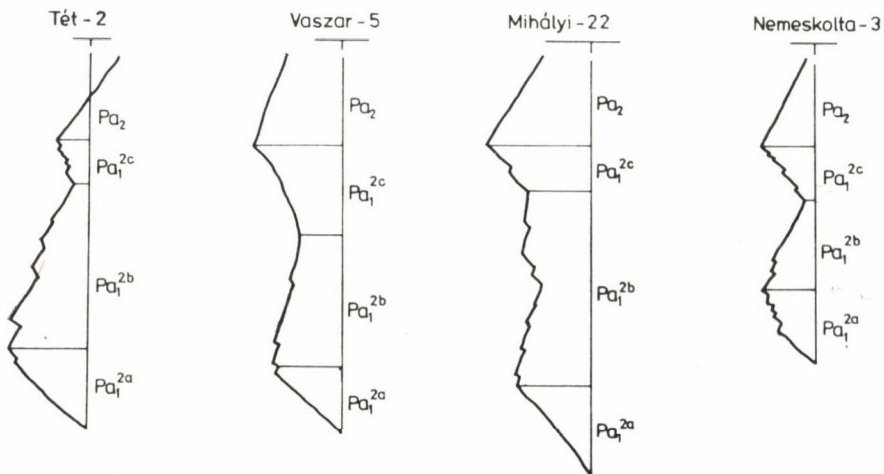
Az alsópannon *felső* üledékképződési egységének rétegsora a süllyedékek tengelyzónájában vékony, pelites rétegekkel kezdődik, erre vastag, uralkodóan homokos rétegek következnek, majd újra pelites rétegekkel zárul a rétegsor (3–4. ábra).



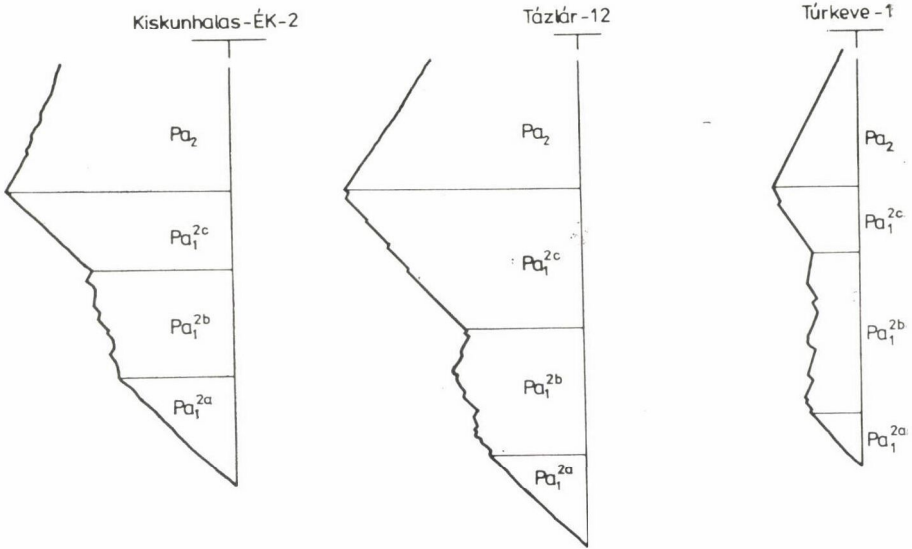
5. ábra. A Pa_1^a és Pa_1^b litogenetikai egységek elterjedése. 1. Pa_1^a elterjedési területe; 2. Pa_1^b elterjedési területe; 3. Pa_1^{ab} feltételezett elterjedése



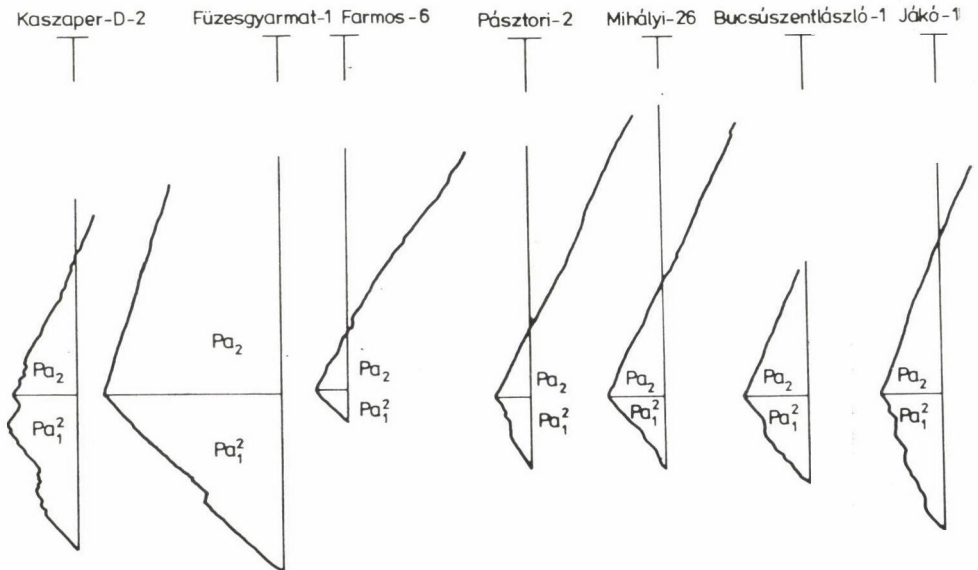
6. ábra. A kisalföldi mélyzóna litológiai trendgörbéi és litogenetikai egységei



7. ábra. Litológiai trendgörbék a délnyugat-dunántúli és kisalföldi medencerészek lejtőzónáiban



8. ábra. Az alföldi lejtőzóna üledékösszetételének jellegzetes litológiai trendgörbéi



9. ábra. A medencék magas szerkezeti helyzetű zónáinak jellegzetes litológiai trendgörbéi

Az üledékgyűjtő tengelyétől távolabb, annak „lejtő”-in a litológiai hármassoztatáság még kifejezettebben mutatkozik (6—8. ábra).

Az addig üledékképződésmentes paleomorfológiai hátságok („gátak”) fokozatosan víz alá kerültek és felettük litológiai hármassoztatú, de a pelites kőzetek túlsúlyával jellemzett alsópannon rétegsorok rakódtak le (9. ábra).

A Pa_1^2 üledékképződési egység vastagsága a süllyedékek tengelyzónájában 800 m körüli, a hátságok felett átlagosan 500 m. Az egyes litológiai belső egységek (Pa_1^{2a} , Pa_1^{2b} , Pa_1^{2c}) rendre azonos települési sorrendben következnek egymás felett valamennyi vizsgált medencérsz területén, ami hozzájárul az egységek nagyvonalú korrelációjához.

A felsőpannon képződmények litológiai jellege

Az alsópannon Pa_1^2 üledékképződési egységére üledékfolytonosan, de jellegzetes kőzettani változással a felsőpannon (Pa_2) üledékképződési egység képződményei következnek. A kőzettani felépítésben mutatkozó éles minőségi változás valamennyi vizsgált rétegsorban megállapítható (3—9. ábra).

Az egységet egészében a *homokos kőzetek túlsúlyra jutása jellemzi*, a litológiai trendeken belüli további belső tagolás a használt módszerrel azonban már nem végezhető. A kutatófúrásokban feltárt felsőpannon üledékeket genetikailag a fluvio-lakusztikus eredet, kőzettanilag a pszammitok túlsúlya és a bonyolult térbeli összefogódás jellemzi.

A litogenetikai egységek korrelációja

A litogenetikai egységek korrelációja több problémát is felvet. Az előzőekben elmondottak szerint az egyes litogenetikai egységek megfeleltetésének elvi alapja az elkülönített egységek egymásra következésének rendje. A teljes pannon sorozatot leíró trendgörbe három nagy egységre bontható (10 ábra).

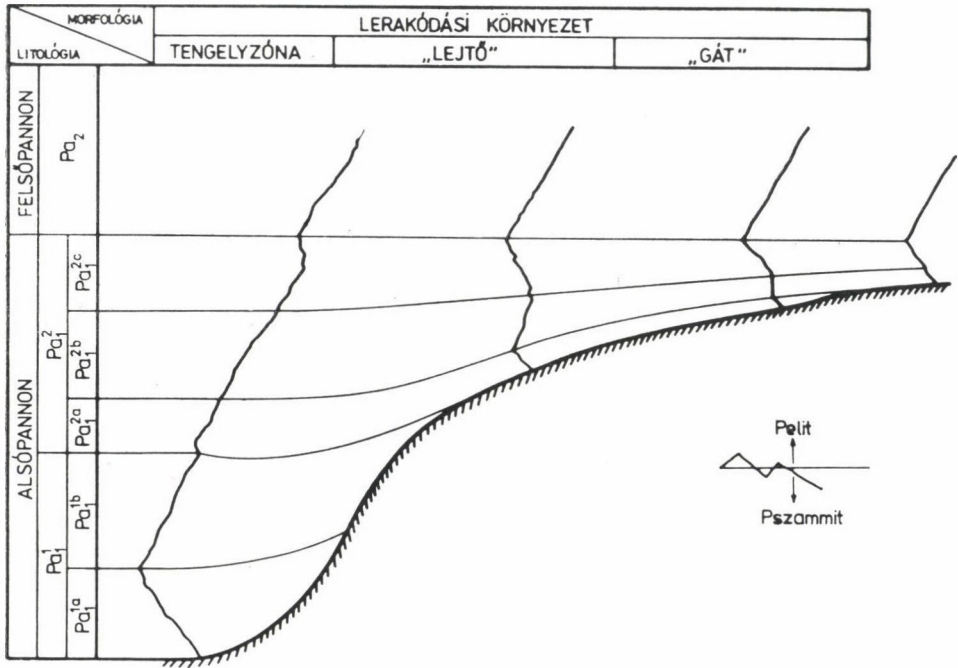
Felülről lefelé haladva a *legfelső egység* uralkodóan *homokos*, de igen heterogén felépítésű a vizsgált területek egészén. (Ez az egység a felsőpannoniai képződményeket foglalja magában.)

A *középső egység* szintén regionális elterjedésű. Jellemzői a gyakori *hármassoztatáság* és a heteropikus kifejlődés. A medencérszrek peremterületein kis vastagságban és mindig pelites összlet formájában fejlődik ki. Peremi esetben, helyzetben az egyébként is fokozatosan kivékonyodó összlet néhány fúrás tanúsága szerint ki sem fejlődött (Bugyi-2., -3., -4., Hajdúhadház-1., Nyírmártonfalva-1., Emőd-1. fúrások).

A *legalsó egység* csak a *mélyzónákban* nyomozható, kétosztatú; alul pelites, később hirtelen homokossá váló rétegei a medence lejtőin kiékelődnek.

A pannon faunartartalmának korrelációs lehetőségeit illetően megoszlanak a vélemények, ezért a faunisztikai adatokat nem használtuk fel.

A litogenetikai egységek korrelációjával nem kronozstratigráfiai megoldást kívánunk adni és hangsúlyozzuk, hogy az elkülönített litogenetikai egységek ugyan relatív időrendiséget tükröznek, az egységeket elválasztó felületek nem izokron felületek.



10. ábra. A litogenetikai egységek korrelációs vázlatja idealizált medenceprofil mentén

Az általunk követett korrelációs módszer a medencefejlődés jelentős mozzanatait rendeli egymás mellé, feltételezve, hogy ezek a történések az üledékképződési trendben tükröződnek és feltárulnak.

Sematikusan a következőképpen ábrázolható az előzőekben használt jelölések szerint a pannon rétegsor felülről lefelé haladva egy süllyedék mentén (2. táblázat).

Kétféle korrelációs lehetőség adódik; a számsorokat megfeleltetjük egymásnak vízszintes vagy ferde vonalazás mentén. Ha az utóbbit fogadjuk el,

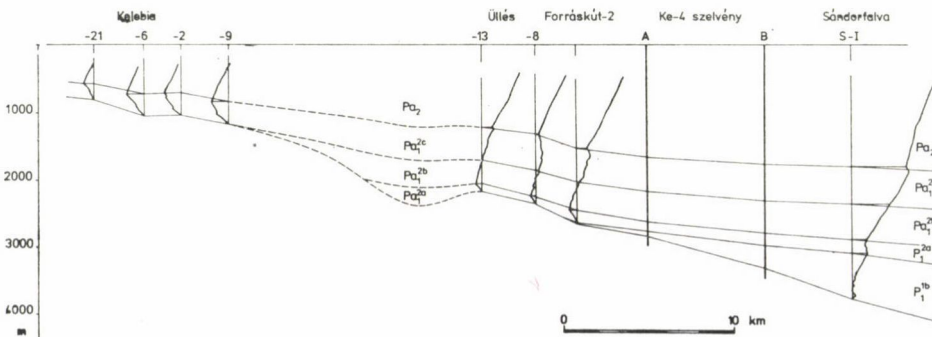
2. táblázat

Litogenetikai egységek	Lerakódási környezet.		
	Süllyedék tengelye	Lejtő zóna	Gátak zónája
Pa ₂	1	1	1
Pa ₁ ^{2c}	2	2	2
Pa ₁ ^{2b}	1	1	—
Pa ₁ ^{2a}	2	2	—
Pa ₁ ^{1b}	1	—	—
Pa ₁ ^{1a}	2	—	—

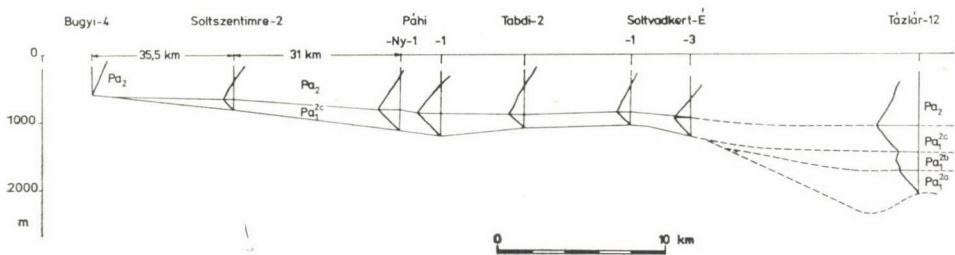
1. homokos trendszakasz jele
2. pelites trendszakasz jele

akkor a szelvény teteje lesz hiányos, ez pedig ellentmond minden gyakorlat tapasztalatnak, a Pa₂ litogenetikai egység hiánytalan kifejlődésének. Ezért és a szeizmikus kép adta bizonyosság miatt a korrelációt a „vízszintes háló” szerint hajtottuk végre, amiből természetesen az következik, hogy a medence lejtő peremi rétegsorai alulról hiányosak az alsópannon üledékképződés időbeli elhúzóódása miatt.

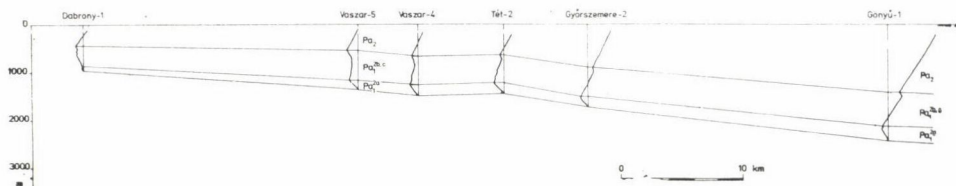
A 11. ábrán bemutatott szelvény a DK-alföldi depresszióból indulva halad az üllési szerkezeten keresztül a kelebiai magas szerkezeti helyzetű hátság irányába. A depresszióban a Sándorfalva-I. fúrás által feltárt legalsó üledékképződési egység a Pa₁^{1b} volt, amely a szeizmikus szelvény adatai szerint is egészen a Forráskút-2. fúrásig követhető. A Pa₂ egység a mélyzónában és a süllyedék lejtővidékén alul pelites, középen homokos, felül kiegyensúlyozott, végül pelites kifejlődésű.



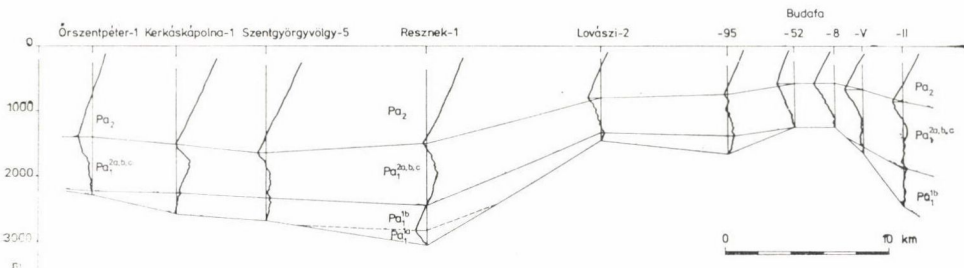
11. ábra. A litogenetikai egységek korrelációja Kelebia és Sándorfalva között



12. ábra. A litogenetikai egységek korrelációja Bugyi és Tázlár között



13. ábra. A litogenetikai egységek korrelációja Gönyű és Dabrony között

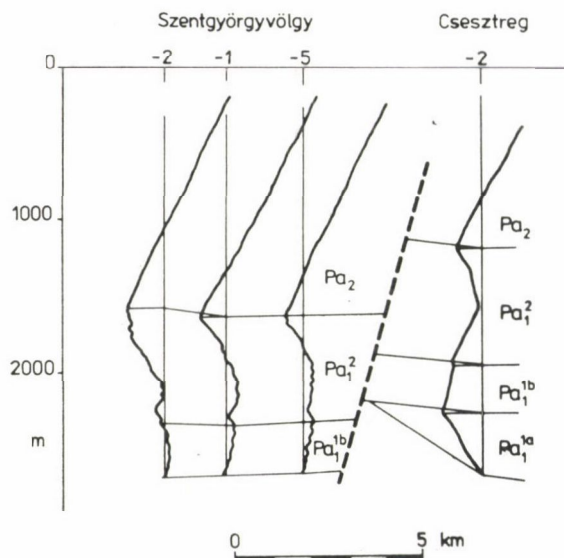


14. ábra. A litogenetikai egységek korrelációja Óriszentpéter és Budafa között

A hátság (gát) morfológiai környezet uralkodóan pelites rétegsorai a mélyebb részek kiegyensúlyozott-pelites trendű egységével azonosíthatók. Feltehetően az üledékképződés körülményei által meghatározott heteropikumként értelmezhető.

A Tázlár-12. fúrás és a Bugyi-4. fúrás között fektetett szelvény a Pa_1^2 egység korrelációs lehetőségét mutatja be (12. ábra). A tázlári kutatási területen a teljes Pa_1^2 egység megtalálható, a hátságokon azonban csak a Pa_1^{2c} fejlődött ki, amely a magasabb szerkezeti helyzetű perem felé haladva kivénnyodik és a Bugyi-4. fúrásban teljesen hiányzik.

A Kisalföldön a Gönyű-1. és Dabrony-1. fúrások között felvett korrelációs vázlat is a Pa_1^2 egység azonosíthatóságát mutatja, egyben rámutat az előzőkhöz képest a két terület közötti süllyedéstörténeti—üledékképződési különbségekre is (13. ábra). A Kisalföldön ugyanis a mélyebb egységek nem



15. ábra. A litogenetikai egységek korrelációja a szentgyörgyvölgyi és csesztregi mélyfúrások között

ékelődnek ki, hanem folyamatosan követhetők a magasabb hátságok felé. A 14. ábrán a budafai szerkezeten és a két oldalról szegélyező süllyedéken keresztül korreláltuk a pannóniai üledékképződési egységeket. Míg a szerkezet egyik oldalán a mélyzónában a teljes alsópannon sorozat kifejlődött, a másik oldalon, a Budafa-II. fúrás rétegsorában a Pa_1^{1a} egység hiányzik. A Pa_1^{1b} üledékképződési egység jól követhető, a budafai „gát” oldalán ékelődik ki. A Pa_2^2 egység kifejlődése hordozza azt a tendenciát, ami a mélyebb részek homokosabb, a magasabb részek pelitesebb litológiai trendjében mutatkozik meg.

A lokális korreláció példáját mutatja be a 15. ábra. A Csesztreg-2. és a közeli Szentgyörgyvölgy-2., -1., és -5. fúrások hasonló litológiai trendjei nem okoznak azonosítási nehézségeket. Ugyanakkor a trendek összehasonlításával kimutatható, hogy a csesztregi terület az alsópannóniai üledékképződés után emelkedett ki az eredetileg mélyebb helyzetéből. A korábbi mélyebb helyzetből következhet a Pa_1^1 egység megléte a Csesztreg-2. fúrásban, ellenében a szentgyörgyvölgyi területtel, ahol az alsópannóniai kezdőtagja a Pa_1^{1b} egység.

Az üledékképződés főbb vonásai, körülményei

A litológiai trendgörbék elemzése alapján kimutatható üledékképződési egységek képződési körülményeiket tekintve is jelentős mértékben különböznek. A Pa_1^1 egység lerakódását *feltöltődéses* mechanizmus jellemzi. A Pa_2^2 egység viszont már a partvonal előnyomulásával kísért bevezető *transzgressziós*

üledékeket tartalmaz, az egység képződményeinek lerakódása az üledékgyűjtő jelentősen kibővült keretei között történt meg. A Pa_2 egységet újra a *feltöltődéses* üledékképződés jellemzi.

A Pa_1^a egységen belül gyakoriak a zagyözönök közreműködését bizonyító jegyek. Az üledékgyűjtő süllyedését a feltöltődés csak csökkent mértékben követte. Ennek következtében az *egység képződményei kiékelődnek a mélyzónák lejtőjén.*

A Pa_1^b egységen belül — ugyan kisebb mértékben — folytatódott a turbidites jelenségekkel zavart üledékképződés. Míg megelőzően a törmelékanyag *oldalirányú*, a süllyedék tengelyére merőleges szállítási irányból érkezett, addig ez utóbbi egység képződményei e mechanizmus fokozatos visszahúzódsáról tanúskodnak.

A Pa_1^2 egység lerakódása már gyökeresen megváltozott üledékképződési viszonyok között történt. *Az üledékgyűjtő fokozatosan, de nagy mértékben kibővült és új áramlási rendszer alakult ki.* A mély zónák tengelyében *tengelyirányú* áramlás terítette szét a behordott anyagot. Mivel *a mozgási energia az áramlás tengelye mentén volt a legnagyobb, a süllyedékek belső zónáiban uralkodóan homokos üledékek rakódtak le.* Ezzel szemben az áramlási holt zónákban, a vízalatti hátságok („gát”) felett túlnyomórészt pelites üledékképződés folyt. A süllyedékek tengelyzónája és a „gátak” zónája közötti területen a fáciesek összefogazódtak. Bonyolítja a litológiai felépítést, hogy az üledéklerakódás alapvetően a morfológia által szabályozott térbeli elrendeződésébe beleszővődnek az előnyomuló partvonalat kísérő üledékek is.

A Pa_1^2 egységet pelites üledékek zárják, amelyek elterjedése egyben az alsópannon üledékgyűjtő legnagyobb elterjedését körvonalazza a vizsgált medencereszek területén.

Igen jelentős *litológiai és szedimentációs változás* kezdődik meg a Pa_2 litogenetikai egység lerakódásának kezdetén. Az egység képződményeinek trendszerű homokosodása új üledéklerakódási körülményeket tükröz. Újra a feltöltődéses üledékképződés dominál, ennek eredményeként a fáciesek bonyolult szövvénye alakult ki medenceterületeinken. A korábbi morfológiai különbségek elsimultak és az egyes medencereszek süllyedésszerű különbsége az eltérő felsőpannon vastagságokban mutatkozik meg.

A medencebeli pannon képződmények litológiai egységeinek megállapított települési szabályszerűségei lehetővé teszik az egyes egységek és ezeken belüli belső egységek viszonylagos helyzetének megállapítását. A relatív sorrend a képződés időrendiségére is felvilágosítással szolgál.

A litológiai trendgörbéken kimutatható jellegzetes változásokat rögzítő pontok a térben egy-egy területet alkotnak. Mivel *az üledékképződés változásai nem tökéletesen izokronok, ezek a határfelületek metszik az időrétegtani felületeket.* Ennek megfelelően az *alsó- és felsőpannon képződmények közötti köztani határ sem időrétegtani izokront jelöl, hanem az üledéklerakódás*

fáciesviszonyok változását. A megállapított üledékképződési egységek határai nem esnek tehát egybe az időrétegtani határokkal és az egységek viszonya az időrétegtani egységekhez mindaddig tisztázatlan, amíg megfelelő számú radiológiai koradat nem áll rendelkezésre.

A litológiai egységek rendjének szabályszerűségei azonban így is lehetőséget teremtettek átfogó és medencerészen belül párhuzamosítható kőzettani egységek kimutatására, amelyek ismerete a szénhidrogénképződés és felhalmozódás vizsgálata szempontjából elengedhetetlen.

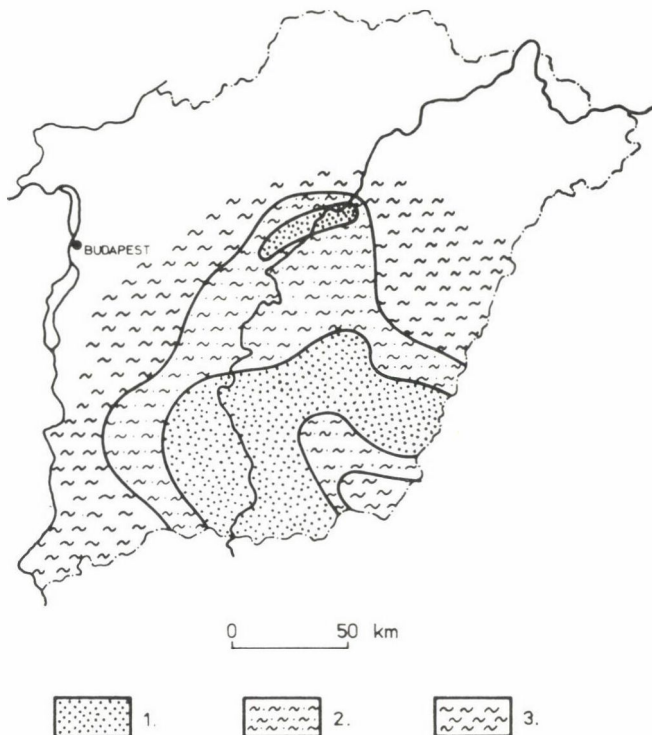
A litológiai trendelemzés felhasználása a szénhidrogénföldtani kutatásban

A szénhidrogénképződési folyamatok földtani értelmezése helyesen csak úgy oldható meg, ha a medence süllyedését és feltöltődését térben és időben rekonstruáljuk, tisztázzuk a geomorfológiai és faciológiai viszonyokat, a medencét kitöltő összletek litológiai viszonyait, jellemző értékeit. A litológiai trendelemzés lehetővé teszi a medencefejlődés főbb mozzanataihoz kötött egységek elkülönítését, az elkülönített egységek korrelációját, és ezzel megteremti a medencefejlődés időbeli és térbeli rekonstrukciójának alapját.

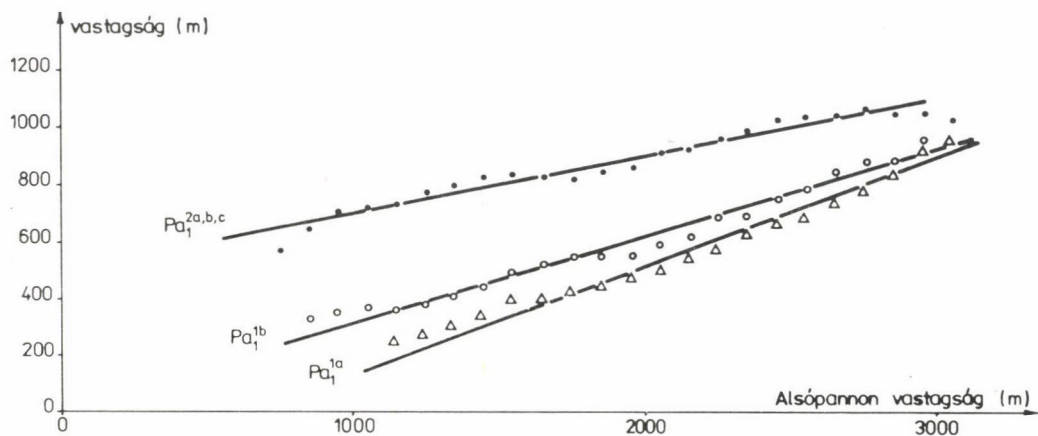
A trendgörbék jellegének térbeli változása a geomorfológiai viszonyok, az üledékképződés szakaszainak hatását tükrözve, a faciológiai elemzés alapja. A trendgörbékről leolvasható értékek — az egyes egységek vastagsága, a litológiai viszonyok, az egyes összetevők összvastagsága, a fajlagos heterogenitás — statisztikailag feldolgozható mennyiségi mutatók.

A 16. ábrán mutatjuk be az alföldi szénhidrogénkutató fúrások trendgörbéiből rajzolt faciológiai vázlatot, melyet a pelit/homok arány alakulása alapján szerkesztettünk a Pa_1^2 litogenetikai egységre. Ez a vázlat a fáciesek szabályszerű elrendeződését mutatja. A depresszió tengelyzónájában törmelékeny (pelit/homok < 1), a lejtő zónában kiegyensúlyozott vagy gyengén pelites (pelit/homok > 5) kőzettani összetételű rétegek rakódtak le. A litofáciesek térbelisége a Pa_1^2 litogenetikai egység lerakódása közbeni üledékképződési viszonyokra is utal. *A legmélyebb helyzetű részek voltak az áramlások, az üledékszállítás legaktívabb részei, míg a peremi vagy magasabb területek áramlási holtzónák lehetnek.* Az üledékszállítást tehát főként a tengelyirányú áramlások biztosították. A kelet-tiszántúli új kutatások azonban arra is felhívják a figyelmet, hogy igen vastag, uralkodóan pelites összletek is felhalmozódhattak a Pa_1^2 litogenetikai egységen belül. A Tiszántúl ÉK-i részén a DK-alföldi viszonyokkal ellentétesen a süllyedékszónák is pelites kifejlődésűek (pl. Derecske-I. fúrás, 3. ábra).

A medencesüllyedés elemzéséhez, a feltöltődés és süllyedés kapcsolatának megítéléséhez a DK-alföldi depresszióra vonatkozóan kapcsolatot kerestünk a litogenetikai egységek vastagságértékei és a megfelelő alsópannon vastagságértékek között (17. ábra). A függvénykapcsolat változó meredekségű



16. ábra. A Pa₁ litogenetikai egység fáciesének vázlatos elrendeződése az Alföld területén. 1. homokos összlet vastagsága/pelites összlet vastagsága < 1; 2. homokos összlet vastagsága/pelites összlet vastagsága 1–5; 3. homokos összlet vastagsága/pelites összlet vastagsága > 5



17. ábra. Litogenetikai egységek vastagságváltozásai az alsópannon vastagságok függvényében a tiszántúli mélyzóna területén

lineáris trendvonalal közelíthető, ami azt jelenti, hogy az üledékek lerakódása folyamatosan, de időben és térben változó mértékben történt. A görbék meredekségéből látható, hogy a süllyedés ütemében megnyilvánuló különbség a depressziós zóna és a magasabb helyzetű részek között az alsópannon folyamán csökkent. A depresszió tengelye mentén mindhárom litogenetikai egység közel azonos vastagságú, *tehát a süllyedés menetében nem itt, hanem a magasabb szerkezeti helyzetű zónában történt változás, ezek váltak fokozatosan intenzívebben süllyedő területekké és a különbség így mérséklődött.*

A litogenetikai egységek fajlagos litológiai értékeit, litológiai arányait táblázatban foglaltuk össze (3. táblázat). Az átlagértékek meghatározásához hisztogramokat szerkesztettünk és az elemszámmal súlyozott átlagértéket tekintettük a valóságos viszonyok megfelelő közelítésének. A három nagy medencerész legszembetűnőbb eltérése a Pa_2^2 egység litológiai felépítésében, arányaiban van. A Kisalföldön és a DNy-dunántúli pannon depresszióban lényegesen pelitesebb volt az üledékképződés, mint az alföldi üledékgyűjtőben. Az összehasonlításból az is kitűnik, hogy az egyes medencerészek süllyedése érzékelhetően eltérő volt.

A Pa_1^{1a} és Pa_1^{1b} egységek vastagabb kifejlődése az alföldi mélyzónákban az intenzívebb süllyedésre utal a DNy-dunántúli mélyzónához képest. Az alsópannon követő üledékképződési folyamatok uniformizálódása az üledékgyűjtők fejlődése közt elhalványuló különbségekre utal.

3. táblázat

Litogenetikai egységek Üledései környezet		A rétegsor litológiájának fajlagos értékei									
		Átlagvastagság \bar{h}		homokossági index $\Sigma \bar{h}_h : \Sigma \bar{h}$		pelites index $\Sigma \bar{h}_p : \Sigma \bar{h}$		pelit/törmelék $\Sigma \bar{h}_p : \Sigma \bar{h}_h$		100 m-re eső heterogenitás $\Sigma k : \Sigma \bar{h}$	
		depresszió	hátság	depresszió	hátság	depresszió	hátság	depresszió	hátság	depresszió	hátság
ALFÖLD	Pa_1^{1a}	506	—	16	—	84	—	5,3	—	9,7	—
	Pa_1^{1b}	544	—	72	—	28	—	0,4	—	22,5	—
	Pa_1^{2abc}	821	536	55	26	45	74	0,8	2,8	16,1	17,2
	Pa_2	1265	1021	72	74	28	26	0,4	0,4	35,8	26,1
DNy-DUNÁNTÚL	Pa_1^{1a}	120	—	11	—	89	—	8,1	—	8,6	—
	Pa_1^{1b}	234	—	56	—	44	—	0,8	—	20,5	—
	Pa_1^{2abc}	509	500	26	30	74	70	2,9	2,3	16,4	14,4
	Pa_2	963	725	80	74	20	26	0,2	0,3	37,5	33,8
KIS-ALFÖLD	Pa_1^{2abc}	511		31		69		2,2		14,3	
	Pa_2	1050		79		21		0,3		31,5	

IRODALOM

- BALOGH K.: A dél-alföldi neogén transzgressziós rétegsorok üledékjegyei. *Földt. Közl.*, **103**, 251—269, 1973.
- BÉRCZI, I.: Sedimentological investigation of the coarse-grained clastic sequence of the Algyő hydrocarbon-holding structure. *Acta Geol.*, **14**, 287—300, 1970.
- CSIKY G.: A Duna—Tisza köze mélyszerkezeti és ősföldrajzi viszonyai a szénhidrogénkutatások tükrében. *Földr. Közl.*, **11**, 19—36, 1963.
- DANK V.: A Dél-Zalai medence mélyföldtani vázlat. *Földt. Közl.*, **92**, 150—159, 1962.
- DUBAY L.: Az Észak-zalai medence fejlődéstörténete a kőolajkutatások tükrében. *Földt. Közl.*, **92**, 15—39, 1962.
- JASKÓ S.: Neogén medenceüledékeink szinorogén szedimentációja. *MÁFI Évi jel.* 1972-ről, 115—123, 1974.
- JASKÓ S.: Neogén medencéink üledékképződési jelleggörbéi. *MÁFI Évi jel.* 1974-ről, 157—169, 1976.
- JÁMBOR Á.: A Budapest környéki neogén képződmények ősföldrajzi vizsgálata. *MÁFI Évi jel.* 1967-ről, 135—142, 1969.
- JÁMBOR Á.—KORPÁSNÉ HÓDI M.: A pannóniai képződmények szintezési lehetőségei a Dunántúli-középhegység DK-i előterében *MÁFI Évi jel.* 1969-ről, 151—191, 1971.
- JÁMBOR Á.: Szigethegységeink és környezetük pannóniai képződményeinek fácies típusai valamint ezek ősföldrajzi jelentősége. *Kézirat*, 1978.
- KÓHÁTI A.: A kehidai-zalaudvarnoki terület mélyföldtani viszonyai. *Földt. Közl.*, **95**, 390—409, 1965.
- KÖRÖSSY L.: Adatok a Kisalföld mélyföldtanához. *Földt. Közl.*, **88**, 291—298, 1958.
- KÖRÖSSY L.: Magyarország medenceterületeinek összehasonlító földtani szerkezete. *Földt. Közl.*, **93**, 153—172, 1963.
- KÖRÖSSY L.: Nyugat-magyarországi medencék rétegtani és szerkezeti felépítése. *Földt. Közl.*, **95**, 22—36., 1965.
- KÖRÖSSY, L.: Entwicklungsgeschichtliche und paläogeographische Grundzüge des ungarischen Unterpannons. *Acta Geol.*, **12**, 384—417, 1968.
- MAGYAR, L.—RÉVÉSZ, I.: Data on the classification of Pannonian sediments of the Algyő area. *Acta Miner.-Petr.*, **22**, 267—287, 1976.
- MUCSI, M.—RÉVÉSZ, I.: Neogene evolution of the south-eastern part of the Great Hungarian Plain on the basis of sedimentological investigation. *Acta Miner. Petr.*, **22**, 29—44, 1975.
- STRAUSZ L.: A pannóniai emelet (pliocén). *Földt. Közl.*, **101**, 114—119, 1971.
- SZENTGYÖRGYI, K.: The sarmatian formations in the Tiszántúl (East-Hungary) and their stratigraphic position. *Acta Miner.-Petr.*, **23**, 279—297, 1978.
- SZÉLES, M.: Über die paläogeographische und ökologische Verhältnisse der pannonischen Beckenfazies. *Földt. Közl.*, **101**, 312—315, 1971.

CONTRIBUTION TO THE KNOWLEDGE OF LITHOLOGIC SUBDIVISIONS
OF PANNONIAN BASIN FORMATIONS EXPLORED BY HYDROCARBON
DRILLING: RECONSTRUCTIONS BASED ON TREND ANALYSES

Á. SZALAY—K. SZENTGYÖRGYI

Abstract

The geological interpretation of hydrocarbon generating processes can be solved only by means of the reconstruction of the spatial and temporal evolution of subsidence of the basin in question. The lithological trend analysis enables to distinguish the units connected to each phase of evolution, to perform the correlation of formations producing in this way the basis of spatial and temporal reconstruction. The spatial changes of trend curves are the bases of faciological analyses and the values of the curves are quantitative indices which can be statistically processed.

By means of the trend curves the different measures of subsidence of different parts of the basins can be determined. The reduction of differences in the trend lines relates to the gradual homogenization of sedimentation, which followed in the Great Hungarian Plain after the Lower Pannonian.

К ВОПРОСУ ЛИТОЛОГИЧЕСКОГО РАСЧЛЕНЕНИЯ ПАННОНСКИХ
ОТЛОЖЕНИЙ, ВСКРЫТЫХ ПОИСКОВО-РАЗВЕДОЧНЫМ БУРЕНИЕМ НА
УГЛЕВОДОРОДЫ В СВЕТЕ ДАННЫХ ТРЕНДОВОГО АНАЛИЗА

А. САЛАИ — К. СЕНГДЬЕРДИ

Резюме

Геологическая интерпретация процессов, вызывающих образование углеводородов, может быть осуществлена только путем реконструкции пространственно-временной эволюции опускания рассматриваемого бассейна. Литологический трендовый анализ позволяет выделить литологические единицы, приуроченные к отдельным фазам эволюции и осуществить корреляцию соответствующих формаций. Таким образом, он слижит основанием для реконструкции эволюции бассейна в пространстве и времени. Пространственные изменения трендовых кривых лежат в основе фациальных анализов, и значения, отсчитываемые с кривых, представляют собою количественные показатели, поддающиеся статистической обработке.

С помощью трендовых кривых можно определить разные степени опускания различных частей бассейнов. Уменьшение отклонений трендовых кривых указывает на гомогенизацию осадконакопления, имевшую место на территории Большой Венгерской Низменности после раннего паннона.

BESZÁMOLÓK TUDOMÁNYOS ÜLÉSEKRŐL

BESZÁMOLÓ AZ NDK FÖLDTANI TÁRSULATA ÁSVÁNYTANI-GEOKÉMIAI SZAKOSZTÁLYÁNAK 1978. ÉVI GREIFSWALDI ÜLÉSÉRŐL

TOMSCHEY OTTÓ

A FÖLDTUDOMÁNYOK KANDIDÁTUSA

Az NDK Földtani Társulatának Ásványtani-Geokémiai Szakosztálya 1978. október 17. és 21. között tartotta évi rendes ülését Greifswaldban. Az ülés témája az üledékes kőzetek geokémiája és a hidrogeokémia volt.

DUDICH ENDRÉVEL közösen előadást jelentettünk be „*Oligo- and Microelements in Some Mesozoic and Cainozoic Rock Samples of Hungary*” címmel, amely előadás élénk visszhangot keltett.

A kétnapos konferencia során a tematikának megfelelően az üledékes kőzetek geokémiai vizsgálatával, valamint a tágabb értelemben vett hidrogeokémiával foglalkozó előadások hangzottak el. A hazai résztvevőkön kívül (összesen 21 előadás) két szovjet, egy-egy bolgár és magyar kutató tartott előadást.

Az üledékes témakörben figyelemre méltó adatokat közölt M. STÖRR a felsőkréta karbonátos kőzetek nem-karbonátos részének ásványtani-geokémiai vizsgálatairól. Nagy érdeklődés kísérte K. F. LANDGRAF és munkatársainak a muszkovit-montmorillonit kevert szerkezetű agyagásvány azonosításáról szóló előadását, amelynek során nemcsak ásványtani, hanem a kevert szerkezetű agyagásvány keletkezésében szerepet játszó geokémiai folyamatok tárgyalása során is sok új adatot közöltek.

Több kutató számolt be szervesgeokémiai és izotópgeokémiai kutatásokról. Ezek közül különösen érdekes volt M. DRECHSLER és munkatársainak a N-izotópok eloszlása és a szénülésfok közötti kapcsolatokra utaló előadása, valamint L. MAASS és munkatársainak a C-izotópok megoszlása és a szervesanyag keletkezési körülményeinek kapcsolatára rávilágító előadás.

A hidrogeokémiai előadások közül két előadás emelkedett ki. L. BRÜGMANN a Balti-tenger vízében található nehézfémionok koncentrációváltozásait elemezte. Kiemelte a munka nemzetközi jellegét, ui. a mintavétel egyidőben történt a Balti-tenger több pontján és a vizsgálatokat az érintett országok kutatóival együtt közös program alapján, de külön-külön végezték, majd a kapott eredményeket összehasonlították. Megállapításaik közül figyelmet érdemel a nehézfémionok (Pb, Zn, Cd) ciklusos koncentrációváltozásának felismerése, a fémionok tengerben történő „tartózkodási idejének” meghatározása.

L. ZIERATH a csapadékvizek Cu, Pb, Cd, Zn és Ni koncentrációjának alakulását vizsgálta. A kérdés nemcsak hidrogeokémiai, hanem környezetvédelmi szempontból is jelentős. Ugyanis annak ellenére, hogy mintavételi nehézségek miatt az elemzések csak fél-mennyiséginek tekinthetők, továbbá, hogy a nehézfémek koncentrációja csupán *ppb* értékekkel mérhető, egy adott terület egész évi csapadékmennyisége alapján jelentős szennyeződés mutatható ki, amelyet kizárólag a csapadékvizekben található nehézfémek okoznak. Az ilyen típusú szennyeződés egyik legmegdöbbentőbb példáját a grönlandi jég vizsgálata szolgáltatta. Az idő függvényében vizsgálva ugyanis az elmúlt ötezer év folyamán a nehézfémionok mennyisége mintegy *öt nagyságrenddel* megnőtt a jégben és a növekedés üteme egyre gyorsul. Ez a szennyezés csakis az emberi tevékenységnek tulajdonítható és felhívja a figyelmet a fokozott környezetvédelmi tevékenység fontosságára.

Az előadások anyaga német nyelven jelent meg az 1979-es év folyamán.

A konferenciát követően a résztvevők egynapos kirándulás keretében megismerkedtek a tengerparti üledékköltési folyamatokkal, recens üledékképződési ciklusokkal, valamint az utolsó glaciális óta lezajlott éghajlati, ennek megfelelően hidrológiai, botanikai, stb. változásokkal.

KÖZETEK ÉS ÁSVÁNYOK FIZIKAI ÉS SZERKEZETI TULAJDONSÁGAI MAGAS TERMODINAMIKAI PARAMÉTERŰ ÁLLAPOTOKBAN

(A KAPG 1.11. munkacsoportjának szimpóziума, Miskolc, 1979. aug. 28—
szept. 1.)

EGERER FRIGYES

A MŰSZAKI TUDOMÁNYOK KANDIDÁTUSA

A KAPG elnökének, BOULANGER akadémikusnak, és a munkacsoport NDK-beli elnökének, STILLER akadémikusnak felkérése alapján a Magyar Tudományos Akadémia Geokémiai Kutatólaboratóriumának és a Nehézipari Műszaki Egyetem Ásvány- és Kőzettani Tanszékének közös rendezésében került sor a Nehézipari Műszaki Egyetemen a KAPG 1.11. munkacsoportjának „A kőzetek és ásványok fizikai és szerkezeti tulajdonságainak vizsgálata magas termodinamikai paraméterű állapotokban” címmel megrendezett szimpóziúmára.

A szimpóziúmon 26 előadás hangzott el, 5 szocialista országból résztvevő előadóktól (NDK, Szovjetunió, Csehszlovákia, Lengyelország, Magyarország), akik 7 külföldi és 5 belföldi kutatóintézetből, illetve egyetemről érkeztek a szimpóziúmra.

Az elhangzott előadások többek között foglalkoztak különböző fizikai és szerkezeti kőzet-tulajdonságok magas nyomáson és hőmérsékleten történő vizsgálatával, továbbá anyagszerkezeti kérdésekkel, a kristályosodás jelenségeivel, az epigenetikus folyamatok tanulmányozásával, valamint új ásványelemzési módszer elvi alapjaival.

A szimpóziúum ideje alatt a résztvevők széleskörű eszmecsere-t folytattak egymás kutatási eredményeiről, és úgy gondoljuk, hogy STILLER akadémikus a szimpóziúum végén tett nyilatkozatában jól foglalta össze a szimpóziúum eredményét, mely szerint a szimpóziúum fontos lépést jelentett a Föld mélyebb rétegeiben lejátszódó folyamatok megismerésében.

A résztvevők az utolsó napon jegyzőkönyvben örömmel nyugtázták a munkacsoport tagjainak eddigi eredményes, hatékony együttműködését és javaslatokat tettek az együttműködő tudományos akadémiáknak a sikeres munka további kiszélesítése céljából.

A szimpóziúum végén CZIBERE TIBOR akadémikus, az NME rektora adott fogadást a résztvevők számára.

Az alkalmat megragadva a rendezők ezúton is köszönetet mondanak mindazoknak, akik a szimpóziúum sikeres lebonyolítását segítették, és a rendezőbizottság munkáját támogatták.

KÖNYV- ÉS FOLYÓIRAT ISMERTETÉSEK

FRIEDMAN, G. M. — SANDERS, J. E.:

Principles of Sedimentology (Az üledéköldtan alapjai) (1978. p. 792. John Wiley et Sons, New York — Chichester — Brisbane — Toronto)

Két világszerte ismert és elismert szerző (két nem kevésbé ismert intézmény, a Rensselaer Politechnikai Intézet és a Columbia Egyetem professzorai) teljes szakmai múltjukra és hihetetlenül széleskörű irodalmi ismeretanyagukra támaszkodva nem kisebb célt tűztek maguk elé, mint a szélesebb értelemben vett üledéköldtan tárgyköre legújabb eredményeinek bemutatását. Ez azt jelenti, hogy az „üledékes rétegek geológiája” elnevezéssel adhatnánk vissza legpontosabban e szélesebb értelmezést, és így már természetes, hogy a könyv a szediment petrográfia, rétegtan, az üledékek tektonikája témakörét is felöleli.

Ezt a hatalmas anyagot rendkívül szerencsés kézzel csoportosítják. Az I. rész a bevezetésen kívül röviden összefoglalja az üledéköldtan történetét, a különböző szellemi áramlatok és azok fejlődésének tükrében. A II. rész az üledékes kőzeteket felépítő törmelékes szemcsékkel foglalkozik, egy-egy fejezetet szánva a törmelék szemcsék eredet szerint történő csoportosításának és a részecskéket jellemző paramétereknek. A III. rész témája az üledékes folyamatok. Egy-egy fejezet foglalkozik a fizikai, ill. a biológiai és vegyi folyamatokkal, míg a harmadik az üledékek közetté válásának folyamatát elemzi, a tárgyalás súlypontját a főbb cementációs folyamatokra helyezve, és nem bocsátkozva részletekbe a — már kitűnő kézikönyvekben részletesen taglalt — diagenézis egészét illetően.

A IV. rész az üledékes kőzetek osztályozásával, nevezéktanával foglalkozik azok genetikai összefüggéseit és fejlődését vizsgálva.

Az V. rész 5 fejezetre bontva bemutatja a jelenkori tengeri és nem tengeri fácieseket, esetenként azok fosszilis megfelelőire is kitekintve. Terjedelmét (206 old.) és fontosságát is tekintve ez a könyv legértékesebb része.

A VI. rész a szedimentológiai módszerek gyakorlati alkalmazásába vezet be az olvasót a részvizsgálatoktól a szintézisig haladva. A szerzők sokoldalúságát dicséri, hogy bőségesen foglalkoznak az ipari gyakorlatból kinőtt módszerek (szeizmikus sztratigráfia, geofizikai lyukszelvények üledékes fácies elemzése) ismertetésével és alkalmazásának lehetőségeivel.

A VI. fejezet után A, B, C, D, E függelékben a többféle környezetben (tengeri, tavi átmeneti, folyóvízi) jelentkező alapjelenségeket tárgyalják az elméleti alapok és gyakorlati példák bemutatásával.

A tartalom mellett érdemes külön kiemelni a könyv formai értékeit. A fejezetek taglalása világos, a könyvben először szereplő fogalmakat vastag szedéssel emelik ki a szövegből, és ugyanott megadják a fogalom definícióját. Ezen kívül a könyv végén 22 oldalas értelmező szójegyzék biztosítja a fogalmak egyöntetű értelmezését. A másik didaktikai mesterfogás az, hogy a 189 oldalas irodalomjegyzék mellett egyes témakörök után külön közli a forrásműveket, a fejezetek után pedig — a részletekben jobban elmélyedni kívánók számára — a további ajánlott irodalmat. A bonyolultabb matematikai levezetésekkel fűszerezett 3. és 4. fejezetben pedig, az ebben kevésbé jártas szakemberek számára, egyszerűbb formában is, külön előadják az odavonatkozó anyagot.

Összefoglalva: a szediment elektronmikroszkóptól a litoszféra lemez méretéig terjedő üledéköldtani jelenségeket bemutató, példásan szerkesztett könyv egyes megállapításait talán lehet vitatni; de bizonyos, hogy az összességében kitűnő mű az elkövetkezendőkben hosszú ideig meghatározó lesz az egyetemi és postgraduális képzésben egyaránt.

BÉRCZI ISTVÁN

Alföldi Tanulmányok 1977 I. kötet, Békéscsaba, 1977.*

Alföldi Tanulmányok címen új földtudományi folyóirat látott napvilágot az MTA Földrajztudományi Kutatóintézet Alföldi Csoportjának gondozásában. A folyóirat megjelenése indokolt és időszerű volt. A felszabadulás óta az Alfölddel foglalkozó kutatások erősen decentralizáltak, — a közeljövőben sem számíthatunk ennek megváltozására — noha az alföldi környezet komplex kutatása ezt igényelné. Ez az új folyóirat közös fórumot biztosíthat a különböző szakterületeken e témával foglalkozó kutatóknak, mivel a szerkesztők fontos feladatuknak tartják a társ- és rokintudományok Alfölddel kapcsolatos vizsgálati eredményeinek közlését is. Ezek fontos támpontul szolgálhatnak mind a földrajzi, mind a gazdaságpolitikai kérdésekkel, területi tervezéssel, stb. foglalkozó szakemberek számára. A folyóirat létrejötté fontos mérföldkő az Alföld-kutatás koordinálásában is.

A tanulmánykötet első száma 11 — főként gazdaságföldrajzi tárgyú — értekezést tartalmaz. Ezen belül is nagy súllyal szerepelnek az Alföld gazdasági- illetve vonzáskörzeteinek elvi és gyakorlati kérdései, melyekkel KRAJKÓ Gy., TÓTH J., DÖVÉNYI Z. munkáiban találkozhatunk. Több dolgozat jó példát mutat arra, hogy a földrajz miként szolgálhatja az Alföld természeti erőforrásainak feltárását illetve az antropogén hatások értékelését (JAKUCS L., RAKONCZAI J.), BORSY Z. cikkében a Duna—Tisza közti hátság homokformáinak genetikai és kronológiai kérdéseit vizsgálja, BECSEI J. és SIMON I. településföldrajzi tanulmányt közöl. MOSOLYÓ L. mezőgazdasági, TÁNCZOS-SZABÓ L. közlekedésföldrajzi kérdéseket elemez. ZOLTÁN Z. az Alföld-kutatás feladatairól és lehetőségeiről közölt írása zárja a szép kiállítású kötetet.

Bízunk benne, hogy az *Alföldi Tanulmányok* évente megjelenő kötetei nemcsak a hazai szakemberek munkáját támogatják, hanem a magyar geográfia nemzetközi hírnevét is öregbítik a rövid idegenyelvű (angol—oros) összefoglalások segítségével.

MEZŐSI GÁBOR

* Érkezett: 1978. XI. 27.

Műszaki szerkesztő: Marton Andor

A kiadásért felel az Akadémiai Kiadó igazgatója

A kézirat nyomdába érkezett: 1980. IV. 18. Terjedelem: 9,45 (A/5 ív)

Akadémiai Nyomda, Budapest — Felelős vezető: Bernát György

A FÖLD- ÉS BÁNYÁSZATI TUDOMÁNYOK KUTATÁSI EREDMÉNYEI az Akadémiai Kiadónál megjelenő folyóiratokban

FÖLDRAJZI ÉRTESÍTŐ

A Magyar Tudományos Akadémia
Földrajztudományi Kutató Intézetének folyóirata

Főszerkesztő: MAROSI SÁNDOR

Legújabb kutatási eredmények a természetföldrajz és gazdaságföldrajz, a természeti adottságok, az ipar és mezőgazdaság területi elhelyezkedése, a települések és a népesség problémáival kapcsolatban.

Megjelenik évente egy kötet, 4 füzetben · Évi előfizetési díj: 64,— Ft

FÖLDRAJZI KÖZLEMÉNYEK

A Magyar Földrajzi Társaság tudományos folyóirata

Főszerkesztő: PÉCSI MÁRTON

A gazdagon illusztrált folyóirat tanulmányai kiterjednek a természeti és gazdasági földrajz különböző ágazataira (felszínföldrajz, éghajlat, vízrajz, talaj, növényzet stb.), továbbá az egyes országok regionális és egyéb földrajzi tárgyköreinek összefoglaló ismertetésére.

Megjelenik évente egy kötet, 4 füzetben · Évi előfizetési díj: 52,— Ft

FÖLDTANI KÖZLÖNY

A Magyar Földtani Társulat folyóirata

Felelős szerkesztő: DANK VIKTOR

Tanulmányok az általános, rétegtani és tektonikai földtan, az ásványtan és paleontológia tárgyköréből.

Megjelenik évente egy kötet, 4 füzetben · Évi előfizetési díj: 60,— Ft

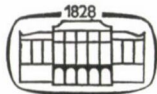
GEONÓMIA és BÁNYÁSZAT
A MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA
FÖLD- ÉS BÁNYÁSZATI TUDOMÁNYOK OSZTÁLYÁNAK
KÖZLEMÉNYEI

FŐSZERKESZTŐ
MARTOS FERENC

SZERKESZTŐ BIZOTTSÁG
BALOGH KÁLMÁN, STEGENA LAJOS, BERNÁT TIVADAR, CZELNAI RUDOLF,
GRASSELLY GYULA, HOMORÓDI LAJOS, PÉCSI MÁRTON, STEGENA LAJOS,
SZÁDECZKY-KARDOSS ELEMÉR, TÓTH MIKLÓS

SZERKESZTŐ
PÉCSINÉ DONÁTH ÉVA

12. KÖTET



AKADÉMIAI KIADÓ, BUDAPEST

1979

TARTALOM

GEONÓMIA ÉS BÁNYÁSZAT, AZ MTA X. OSZTÁLYÁNAK KÖZLEMÉNYEI

12. kötet

1–3. füzet

AZ MTA 138. KÖZGYŰLÉSE ALKALMÁBÓL TARTOTT TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAK 1978. MÁJ. 11–12.

<i>Martos Ferenc</i> : Megnyitó	3
<i>Fülöp József</i> : Az ország természeti erőforrásainak átfogó tudományos vizsgálata (Interdisciplinary Research for Assessing the Country's Natural Resources). — (Комплексное научное исследование природных ресурсов страны)	5

1. SZEKCIÓ

<i>Grasselly Gyula</i> : Az első szekcióülés megnyitója	15
<i>Konda József</i> : A földtani előkutatás szerepe az ásványi nyersanyagok feltárásának tudományos megalapozásában. (The Role of Geological Research in Laying Scientific Foundations for the Exploration of Mineral Resources). — (О роли предварительных геологических исследований в научном обосновании разведки полезных ископаемых)	17
<i>Cseh Németh József</i> : A hazai porfíros réz-(molibdén) ércutatás lehetőségei (Possibilities of Prospecting for Porphyritic Copper (Molybdenum) Ore in Hungary). — (Возможности поисков месторождений порфировой медной руды (молибдена) на территории ВНР)	25
<i>Szebényi Lajos</i> : A felszín alatti vízfajták földtani vizsgálata (Geological Investigations of Various Types of Groundwater). — (Геологическое изучение различных видов подземных вод)	33
<i>Haas János</i> : Rétegtan, őskörnyezeti elemzés és bauxitprognózis (Stratigraphy, Paleogeological Analysis and Bauxite Prognosis). — (Вопросы стратиграфии, палеоэкологического анализа и прогнозов по бокситам)	47

HOZZÁSZÓLÁSOK AZ ELSŐ SZEKCIÓ ELŐADÁSAIHOZ

<i>Szederkényi Tibor</i>	61
<i>Benkő Ferenc</i>	62
<i>Egerer Frigyes</i>	73
<i>Domokosné, Holub Mária</i>	73
<i>Tóth Miklós</i>	77
<i>Kiss János</i>	80
<i>Komlóssy György</i>	82
<i>Grasselly Gyula</i> : Zárászó az első szekció előadásaihoz	83

2. SZEKCIÓ

<i>Martos Ferenc</i> : Ásványi nyersanyagok termelése és előkészítése — igények és lehetőségek (Extraction and Dressing of Mineral Raw Materials, Demands and Possibilities). (Добыча и подготовка минерального сырья, потребности и возможности)	89
<i>Schmieder Antal—Szilágyi Gábor</i> : A Dunántúli-középhegység karsztvíztárolójának regionális modellje (Regional Model of Karstic Water Reservoir in the Transdanubian Central Range of Mountains). — (Региональная модель ооводненных карстовых пород Задунайских Средних Гор)	101
<i>Takács Pál</i> : A hazai lignitvagyron hasznosításának néhány szénkémiiai és technológiai problémája (Some Coal-Chemical and Technological Problems of the Utilization of the Hungarian Lignite Resources). — (Некоторые углехимические и технологические проблемы освоения запасов лигнита ВНР)	113
<i>Bán Ákos—Dank Viktor</i> : Szénhidrogénbányászati eredmények (Results of the Hydrocarbon Mining). — (О достижениях в добыче углеводородов)	125
<i>Somfai Attila</i> : Szénhidrogénföldtani eredmények, feladatok és perspektívák (Results, Tasks and Perspectives of Hydrocarbon-geology). — (Результаты, задания и перспективы геологии углеводородов)	141

<i>Molnár Károly</i> : A korszerű geofizikai módszerek alkalmazásának eredményei és további feladatok a szénhidrogénkutatásban (Results and further Tasks of the Application of Modern Geophysical Methods in Hydrocarbon Prospecting). — (Результаты применения современных геофизических методов и дальнейшие задачи в области поисков нефти и природного газа)	149
<i>Ferenczy Imre</i> : A szénhidrogénvagyon kitermelésének növelését biztosító új eljárások (New Methods Ensuring the Increasing Production of Hydrocarbon Resources). — (Новые приемы, обеспечивающие увеличение объемов разработки запасов нефти и газа)	155

HOZZÁSZÓLÁS A MÁSODIK SZEKCIÓ ELŐADÁSAIHOZ

<i>Szendy Károly</i>	161
--------------------------------	-----

3. SZEKCIÓ

<i>Pécsi Márton</i> : A földrajzi környezet új szemléletű regionális vizsgálata (A New Regional Approach to the Geographical Environment). — (Новый подход к региональному изучению географической среды)	163
<i>Enyedi György</i> : A földrajz a területfejlesztés szolgálatában (Geography in the Service of Regional Planning). — (География на службе территориального развития)	177
<i>Keresztesi Zoltán—Rétvári László</i> : A földrajzi-földtani potenciál értékelésének néhány módszertani kérdése (Some Methodological Problems of the Evaluation of the Geographical-geological Potentiality of a Region). — (Некоторые вопросы методики оценки географическо-геологического потенциала)	187

HOZZÁSZÓLÁSOK A HARMADIK SZEKCIÓ ELŐADÁSAIHOZ

<i>Stefanovits Pál</i>	205
<i>Borai Ákos</i>	207
<i>Halmos Ferenc</i>	213

4. SZEKCIÓ

<i>Czelnai Rudolf</i> : Légköri és szoláris erőforrások kutatása és feltárása (Research and Exploration of Atmospheric and Solar Resources) — (Исследование и вскрытие атмосферных и солнечных ресурсов)	221
<i>Szabolcs István</i> : A talaj, mint természeti erőforrás (Soil Resources. — Natural Resources). (Почвы как природные ресурсы)	229
<i>Fekete István</i> : Öntözés és talajtermékenység (Irrigation and Soil Fertility). — (Орошение и плодородность почвы)	243
<i>Góczán László</i> : A komplex földértékelés módszere (On the Method of Complex Land Evaluation). — (К методике комплексной оценки земель)	249

HOZZÁSZÓLÁSOK A NEGYEDIK SZEKCIÓ ELŐADÁSAIHOZ

<i>Várallyay György</i> :	259
<i>Gerei László</i>	260
<i>Szegi József</i>	261

5. SZEKCIÓ

<i>Gabos György</i> : A település és természeti környezet jobb kapcsolatának megteremtésére irányuló kutatások (Research and Exploration of the Natural Resource of our Country). — (Изыскания и исследования природных ресурсов страны)	265
<i>Farkas Ödön</i> : Építőanyagkutatás és termelés (Investigation and Extraction of Construction Raw Materials). — (Изыскания и производство строительных материалов)	289
<i>Fodor Tamásné—Ádám Oszkár</i> : A hazai mérnökgeológiai térképezés eredményei és feladatai (Results and Tasks of Engineering Geological Mapping in Hungary). — (Результаты и задачи инженерно-геологического картирования в ВНР)	297

HOZZÁSZÓLÁSOK AZ ÖTÖDIK SZEKCIÓ ELŐADÁSAIHOZ

<i>Sali Emil</i>	309
<i>Nemecz Ernő</i> : Zárszó az ötödik szekció előadásaihoz	311
Az 1978. évi közgyűlési osztályülés állásfoglalása és határozata	315

4. füzet

ÉRTEKEZÉSEK

- Pethő Szilveszter*: Az ásványvagyon és hígulás értékelése eloszlásfüggvények segítségével (Evaluation of the Mineral Resources and their Dilution by Using Distribution Functions). — (Оценки запасов полезных ископаемых и их разжижения при помощи функций рассеивания) 325
- Vogl Mária*: A nagyolvadáspontú ritkafémek geokémiai sajátosságai és természetes előfordulásainak főbb típusai (Geochemical Characteristics of Rare Metals of High Melting Point and Main Types of Their Natural Occurrence). — (Геохимические особенности редких металлов высокой температуры плавления и главные типы их проявлений в природе) 361
- Benkő Ferenc*: A nagyolvadáspontú ritkafémek világgazdasági kérdéseinek földtani alapjai (Geological Fundamentals of the World-economic Problems of Rare Metals of high Melting Temperature). — (Геологические основы вопросов мировой экономики редких металлов высокой температуры плавления) 371
- Szalay Árpád—Szentgyörgyi Károly*: Adatok a szénhidrogénkutató fúrások által feltárt medencebeli pannon képződmények litológiai tagolódásának ismeretéhez trendelemzés alapján (Contribution to the Knowledge of Lithologic Subdivisions of Pannonian Basin Formations Explored by Hydrocarbon Drilling: Reconstructions Based on Trend Analyses). — (К вопросу литологического расчленения паннонских отложений вскрытых понсково-разведочным бурением на углеводороды в свете данных трендового анализа) 401

TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKOKRÓL

- Tomschey Ottó*: Beszámoló az NDK Földtani Társulata Ásványtani-Geokémiai Szakosztályának 1978. évi greifswaldi üléséről 425
- Egerer Frigyes*: Kőzetek és ásványok fizikai és szerkezeti tulajdonságai magas termodinamikai paraméterű állapotokban (a KAPG 1.11 munkacsoportjának szimpóziuma. Miskolc, 1979. aug. 28 — szept. 1.) 427

KÖNYV- ÉS FOLYÓIRAT ISMERTETÉSEK

- Bérczi István*: Friedman, G. M.—J. E. Sanders: Principles of Sedimentology (Az üledékföldtan alapjai) 429
- Mezősi Gábor*: „Alföldi Tanulmányok”, új földtudományi folyóirat 430

NÉVMUTATÓ

Ádám Oszkár 297

Bán Ákos 125

Benkő Ferenc 62, 371

Bérczi István 429

Borai Ákos 208

Cseh Németh József 25

Czelnai Rudolf 221

Dank Viktor 125

Domokosné, Holub Mária 73, 427

Egerer Frigyes 73, 427

Ényedi György 177

Farkas Ödön 289

Fekete István 243

Ferenczy Imre 155

Fodor Tamásné 297

Fülöp József 5

Gabos György 265

Gerei László 260

Góczán László 249

Grasselly Gyula 15, 83

Haas János 47

Halmos Ferenc 213

Keresztesi Zoltán 187

Komlóssy György 82

Konda József 17

Kiss János 80

Martos Ferenc 3, 89,

Mezősi Gábor 430

Molnár Károly 149

Nemecz Ernő 311

Pethő Szilveszter 325

Pécsi Márton 163

Rétvári László 187

Sali Emil 309

Schmieder Antal 101

Somfai Attila 141

Stefanovits Pál 205

Szabolcs István 229

Szalay Árpád 401

Szebényi Lajos 33

Szederkényi Tibor 61

Szegi József 262

Szendy Károly 161

Szentgyörgyi Károly 401

Szilágyi Gábor 101

Takács Pál 113

Tomschey Ottó 425

Tóth Miklós 77

Várallyai György 259

Vogl Mária 361

TARTALOM

ÉRTEKEZÉSEK

- Pethő Szilveszter*: Az ásványvagyon és hígulás értékelése eloszlásfüggvények segítségével (Evaluation of the Mineral Resources and their Dilution by Using Distribution Functions). — (Оценка запасов полезных ископаемых и их разжижения при помощи функций рассеивания) 325
- Vogl Mária*: A nagyolvadáspontú ritkafémek geokémiai sajátosságai és természetes előfordulásaiknak főbb típusai (Geochemical Characteristics of Rare Metals of high Melting Point and Main Types of Their Natural Occurrence). — (Геохимические особенности редких металлов высокой температуры плавления и главные типы их проявлений в природе) 361
- Benkő Ferenc*: A nagyolvadáspontú ritkafémek világgazdasági kérdéseinek földtani alapjai (Geological Fundamentals of the World-economic Problems of Rare Metals of high Melting Temperature). — (Геологические основы вопросов мировой экономики редких металлов высокой температуры плавления) 371
- Szalay Árpád—Szentgyörgyi Károly*: Adatok a szénhidrogénkutató fúrások által feltárt medencebéli pannon képződmények litológiai tagolódásának ismeretéhez trendelemzés alapján (Contribution to the Knowledge of Lithologic Subdivisions of Pannonian Basin Formations Explored by Hydrocarbon Drilling: Reconstructions Based on Trend Analyses). — (К вопросу литологического расчленения паннонских отложений, вскрытых поисково-разведочным бурением на углеводороды в свете данных трендового анализа) 401

TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKOKRÓL

- Tomschey Ottó*: Beszámoló az NDK Földtani Társulata Ásványtani-Geokémiai Szakosztályának 1978. évi greifswaldi üléséről 425
- Egerer Frigyes*: Kőzetek és ásványok fizikai és szerkezeti tulajdonságai magas termodinamikai paraméterű állapotokban (a KAPG I.11 munkacsoportjának szimpóziuma Miskolc, 1979. aug. 28.— szept. 1.) 427

KÖNYV- ÉS FOLYÓIRATISMERTETÉSEK

- Bérczi István: Friedman, G. M.—J. E. Sanders: Principles of Sedimentology (Az üledékföldtan alapjai)* 429
- Mezősi Gábor: „Alföldi Tanulmányok”, új földtudományi folyóirat* 430