

## A STATISZTIKUS SZÁMÍTÁSOK JELENTŐSÉGE AZ ÁSVÁNYBÁNYÁSZATI NYERSANYAGOK KUTATÁSÁBAN

Dr. JUHÁSZ ZOLTÁN\*

(2 ábrával)

**Összefoglalás:** Az ipari nyersanyagkutatás során alkalmazott technológiai anyagvizsgálat célja a nyersanyag gyakorlati felhasználhatóságának a megállapítása. Módszere: a megszedett minták állapotának és állapotváltozásainak számszerű rögzítése.

A kutatás felderítő szakaszában a laboratóriumi munka a nyersanyagtipusok (mindazon ásványfajták, melyeknek minősége egymástól különbözik, tehát várható mennyiségüket nem vesszük figyelembe) sokfajta vizsgálati adattal való jellemzésére terjed ki. Ezeknek a vizsgálati adatoknak a birtokában választhatjuk ki az ipari célokra szóba jöhető nyersanyagtipusokat és az esetleges előkészítési eljárás módját.

A kutatás részletes fázisában a kiválasztott nyersanyagtipus azonosítása folyik, a szükséges és elégséges paraméterek megállapítása útján sok minta feldolgozása történik, az előfordulás típusát (a leggyakoribb nyersanyagtipust) a sok számadat egybevetésével kell megállapítani. Az értékelést statisztikus módszerekkel végezzük, ebben a munkában a számítógépek igen nagy segítséget nyújthatnak.

Az elmondottak megvilágítására a tanulmány egy konkrét példát ismertet.

Valamilyen ásványos előfordulás ipari értékét két alapvető tulajdonság határozza meg: az egyik a nyersanyag minősége, a másik a termelésének gazdaságossága. Bár ezzel semmi újat nem mondunk, mégis hangsúlyoznunk kell, hogy egy iparilag használható nyersanyag értékét mindig e két tulajdonság együttes vizsgálata alapján állapíthatjuk meg.

Ennek a szemléletnek megfelelően kell kialakítani a földtani kutatások során a laboratóriumba küldött mintaanyagok vizsgálati metodikáját is. Az ún. technológiai vizsgálatok — tehát azok a laboratóriumi mérések és kísérletek, melyek a nyersanyag minőségét a felhasználás szempontjából hivatottak eldönteni — éppen ezért némileg különböznek a csak földtani ismeretek megszerzését szolgáló kutatások anyagvizsgálati rendszerétől. A különbség főleg abban adható meg, hogy míg utóbbi esetben a laboratóriumi feladata a rendelkezésre bocsátott minta összetevőinek (alkotóinak) és állapotainak szabatos jellemzése, addig a technológiai anyagvizsgálat a nyersanyagok állapotmeghatározásán felül kiterjed a nyersanyag pontosan megszabott körülmények között a külső hatások folytán fellépő állapotváltozásainak megfigyelésére és számszerű rögzítésére is.

A rendszer, melynek állapotát a laboratóriumi munka során jellemezni kell, mindig a minta, a laboratóriumi környezetben, ezért helytelen, ha az állapot meghatározásakor a minta szárnazását, az előfordulás keletkezésének körülményeit, az előfordulásban a környezettel való kölcsönhatásokat, vagy azok lehetőségeit stb. is figyelembe vesszük, mert ezek a tényezők már az előfordulás, mint földtani rendszer leírásához szükségesek. Amikor azonban az előfordulás minőségét kell a technológiai anyagvizsgálattal eldöntenünk, akkor a tervszerű mintaszedéssel begyűjtött és egyedileg megvizsgált minták összessége jelenti azt a rendszert, melynek állapotát és

\* Előadta az MFT Gazdaságföldtani Szakosztályának 1967. V. 29-i előadótülésén. Készült az Érc- és Ásványbányászati Központi Laboratóriumban.

állapotváltozásait a laboratóriumnak meg kell határozni. A sok mérésadat értékelése során már a laboratórium sem támaszkodhat tisztán saját méréseredményeire, mert legalább azt tudnia kell, hogy az egyes minták az előfordulás mekkora térelemét reprezentálják. Az egyedi minták által képviselt mennyiség és minőség számszerű adatainak birtokában az előfordulás minőségének meghatározása a statisztikus számítási módszerekkel végezhető úgy el, hogy a kialakított vélemény a valóságnak megfelelő, igaz legyen. A statisztikus számításokat úgy kell elvégeznünk, hogy a minőség egyértelmű rögzítésén kívül a gazdaságossági számításokhoz is alapadatokat szolgáltatasson.

Az ipari nyersanyagkutatás során a technológiai anyagvizsgálathoz is igazodnia kell a kutatás lépcsőjéhez, ezért a laboratóriumi munka módszerei is mások a kutatás felderítő és részletes szakaszában. A felderítő szakaszban vett minták vizsgálatok mindig az egyedi minta és az ezekből kialakított típus állapotának és állapotváltozásainak a megállapítása a cél, míg a részletes kutatás szakaszában a minták bizonyos nagyobb számú összességéé.

A kutatás felderítő szakaszában nyersanyag típusok vizsgálata folyik. A nyersanyag típusok mindazok az ásványfajták, melyek valamilyen anyagi tulajdonságukban egymástól különböznek, az előfordulás különböző pontjain ismételtelen előfordulnak, így az előfordulásban levő anyagok egy-egy csoportját alkotják. A nyersanyag típusok kiválasztásakor azok gyakoriságát nem vesszük figyelembe. A laboratóriumban a nyersanyag típusokat a lehető legnagyobb alapossággal kell megvizsgálunk kémiai, ásványtani, fizikai, dúsítás- és felhasználástechnológiai szempontból, ilyenkor minden olyan törekvés mely költségmegtakarítási céllal a vizsgálatok fajtájának és számának csökkentését kívánja elérni, a nyersanyag értékének megállapítása szempontjából károsnak minősíthető, mert megakadályozhatja olyan felhasználási és értékesítési lehetőségek feltárását, mely az előfordulás gazdaságosságát esetleg kedvezően befolyásolta volna.

A nyersanyag típusok vizsgálati adatainak értékelése végeredményben két szempontból történik. Az egyik annak megállapítása, hogy a minta által képviselt típus szöbe jöhet-e, mint ipari, vagy mezőgazdasági nyersanyag, ill. ahhoz, hogy ilyen módon értékesíthető legyen, milyen dúsítási-nemesítési eljárásokkal kell a minőségét megjavítani. A másik a vizsgálatok során nyert mérésadatok – állapotjelzők – közötti összefüggések meghatározása és a típusazonosításhoz szükséges és elégséges paraméterek kiválasztása. A sokféle szempont egybevetéséhez és a bonyolult variáció- és korrelációszámítások elvégzéséhez a gépi adatfeldolgozás nagy segítséget nyújthat, de a kutatásnak ebben a fázisában a jól átgondolt kísérletek értékelésében a szakmai intelligenciát semmi féle gépi berendezéssel pótolni nem lehet.

Az Ásványbányászat működési területén levő ipari ásványok nagy részénél mind a vizsgálati rendszer kialakításakor, mind az adatok értékelésekor nagy gondot okoz az, hogy a felhasználást eldöntő tulajdonságok nem valamelyik hasznos ásvány %-os mennyiségének függvényei, hanem többnyire a felhasználhatóságot a hasznos ásvány mennyisége és állapota együtt határozza meg. Nem számíthatunk tehát arra, hogy – mint pl. az ércek esetében – a hasznos ásvány (vagy annak egyik kémiai alkotója) ismeretében mintánk összes, főleg technológiai szempontból fontos tulajdonságára következtetni tudunk, s ebből ipari értékét kiszámíthatjuk, hanem minden esetben olyan laboratóriumi vizsgálatok elvégzésére kényszerülünk, melyek többnyire a felhasználásnál alkalmazott technológiát normirozott körülmények között utánozzák. Ipari célkutatásoknál elsősorban azokat a kémiai, ásványtani és fizikai tényezőket keressük, melyek ezeket a gyakorlati értékszámokat legjobban befolyásolják, ha pedig ilyen nincs, akkor a szükséges és elégséges paraméterek közé elsősorban a technológiai vizsgálati adatokat jelöljük ki. Ilyen esetet az alábbi példával mutatunk be.

A felderítő kutatás alatt megszedett minták laboratóriumi vizsgálata alapján öntödei célokra alkalmas bentonitelfordulás volt valószínűsíthető. A nyersanyagtipusok részletes vizsgálatát elvégezve, gyakorlati szempontból két tulajdonságnak: a normál-homokkal elkevert bentonit őrlményből készített szabványos próbatestek nyomó-szilárdságának és a hőkezelés után a szilárdsági értékek megváltozásából számított regenerálhatóságnak a hasznos ásvány, a montmorillonit %-os mennyiségétől való függését vizsgáltuk.

A nyersanyagtipusokból és öntödei homokból különböző arányú keverékeket állítottunk össze és lemértük e keverékekből készített próbatestek szilárdságát. A mérések szerint a szilárdság arányosan növekedett a bentonit mennyiségével, de az arányossági tényező a különböző mintáknál más és más volt. Mivel a különböző keverékekben a homok egyszerű hígítóanyagként szerepelt, a mérésorozatból megállapítható volt a hasznos ásvány relatív mennyiségének és a szilárdságnak a matematikai összefüggése, de az már nem, hogy az arányossági tényező változása a különböző minták esetében csak a változó montmorillonit tartalomnak, vagy ezen felül egyéb tényezőknek is tulajdonítható-e. Ezért egy másik összefüggést keresve, most már a szilárdsági értéket a keverékek montmorillonit tartalmának a függvényében ábrázoltuk és megállapítottuk, hogy a különböző nyersanyagtipusok adatai két egyenesen helyezkednek el, vezett a mintáink között kétféle állapotú montmorillonit volt. Hasonló eredményeket vezetett a regenerálhatóságra vonatkozó vizsgálat is. A szilárdság és a regenerálhatóság között azonban már korrelációt megállapítani nem tudtunk, ezek egymástól független változók voltak.

A példaként bemutatott esetben — mely a valóságban ennél jóval bonyolultabb volt — a típusazonosítást célzó vizsgálatokhoz a részletes kutatás fázisában csak a szilárdság és a regenerálhatóság vizsgálata volt javasolható, a montmorillonittartalom meghatározása minden mintában felesleges lett volna, annak ellenére, hogy a bentonit ipari értékét elsősorban mégis csak a montmorillonit relatív mennyisége határozza meg.

A kutatás részletes fázisában a megszedett minták típusazonosítása folyik a laboratóriumban, a nyersanyagtipusok értékelése alapján kiválasztott szükséges és elégséges paraméterekkel. A vizsgálatok célja az előfordulás típusának és a nyersanyag-típusok mennyiségének a megállapítása és ezzel az előfordulás minőségének a jellemzése. Az előfordulás típusa a leggyakoribb nyersanyag-típus. Megállapítása statisztikus módszerekkel történik.

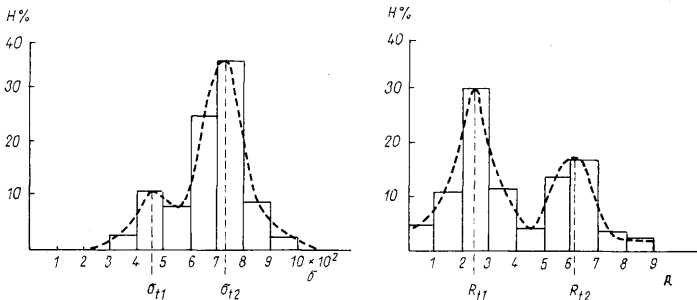
A statisztikus számítások helyességének egyik igen fontos feltétele, hogy a mintavételezés homogén legyen. Mivel ezt elérni a valóságban gyakorlati okok miatt is csak megközelítőleg lehet (ilyen ok pl. az is, hogy a meddő kőzetekből összevont mintákat vizsgálunk), ezért az előfordulás minőségének megállapításakor az egyes minták által képviselt tömeg- vagy térfogatelemeket súlyozottan kell figyelembe vennünk. Így, ha A minőség megállapítása történt az egyes mintáknál, akkor A minőségen belül jelölt  $A_1, A_2, \dots, A_i, \dots$  minőségi osztályokba tartozó anyagfeleségek gyakoriságát általános esetben a

$$H_i = \frac{M_i}{M} \cdot 100 \quad (\% \text{-ban})$$

összefüggés adja, ahol  $M_i$  mindazon anyagoknak a mennyisége, melyeknek minőségi jellemzője  $A_i$  osztályba sorolható,  $M$  pedig a vonatkoztatási rendszer tömege.

Ha  $A_1, A_2, \dots, A_i, \dots$  minőségi jellemzők egyes osztályai  $H'_1, H'_2, \dots, H'_i, \dots$  gyakoriságát grafikusán ábrázoljuk, akkor az A paraméterre vonatkoztatott gyakoriság-függvény képét kapjuk. Ezek a legtöbb esetben maximum (Gauss) görbék (esetleg több maximummal), s a maximumhoz tartozó — tehát leggyakoribb —  $A_i$  érték adja az elő-

fordulás típusának A állapotjelzőjét. Ha a mintákat több minőségi számmal (B, C, ...) jellemeztük, akkor ezeknek gyakoriságfüggvényeiről a további (B<sub>t</sub>, C<sub>t</sub>...) típusjellemzők — és mindazoknak az állapotjelzőknek az értéke, melyek A, B, C stb. jellemzőkkel a nyersanyagfajták vizsgálata szerint összefügg, — valamint az állapotjelzők szórása közvetlenül leolvasható. A fentiekben példaként ismertetett bentonitelfordulás esetében a szilárdság (δ) és regenerálhatóság (R) függvényeit az 1. ábrán láthatjuk, ahol a számításokat a bentonitos réteg össztségére vonatkoztattuk.



1. ábra. A szilárdság (δ) és regenerálhatóság (R) függvényei (számítások a bentonitos réteg össztségére vonatkoznak)

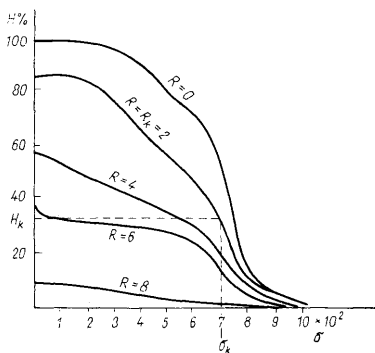
Abb. 1. Die Funktionen der Festigkeit (δ) und der Regenerierbarkeit (R) (die Berechnungen beziehen sich auf die Gesamtmenge der bentonitführenden Schicht)

A legtöbb esetben a nyersanyag minőségét nemcsak egy, hanem két, vagy több tulajdonság egybevetésével állapíthatjuk meg. Ha pl. a nyersanyag minősége A és B mérésadattól együtt függ (és A nem függvénye B-nek), akkor az A és B gyakoriságfüggvényei önmagukban a nyersanyag megítélésére nem elegendők. Ilyenkor a fentiekben ismertetett differenciális (vagy differencia) jellegű értékek helyett helyesebb a gyakoriság integrál-függvényeinek a megállapítása. Vagyis keressük, hogy pl. B állandósága mellett (B=B<sub>1</sub>=konst.) A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>... A<sub>i</sub>... határértéknél nagyobb (vagy kisebb) jelzőjű anyag mennyisége a kiválasztott vonatkoztatási rendszer mennyiségéhez viszonyítva mennyi. Ilyenkor az A<sub>i</sub> állapotjelző gyakorisága

$$H_i = \frac{\sum_0^i M_i}{M}$$

A számításokat ezután valamennyi B minőségi osztály állandó értéken tartása mellett elvégezve az A gyakoriságára görbesort nyerünk (bentonitoknál δ és R értékekre lásd 2. ábrát.). Az ilyen ábrákról annak az anyagfajtának a relatív mennyisége, mely az előírt A<sub>k</sub> és B<sub>k</sub> határértékénél jobb minőségű, közvetlenül leolvasható.

A statisztikus számításokkal lehetőség nyílik a művelő anyagfajták térbeli elhelyezkedésének figyelembevételével a bányászatra legalkalmasabb területek kijelölésére is, amit a vonatkoztatási rendszer tervszerű variálásával végezhetünk el. (A<sub>k</sub> és B<sub>k</sub> határértékeknél jobb minőségek gyakoriságának értéke akkor a legnagyobb, ha a



2. ábra. Gyakorisági görbesor  
Abb. 2. Reihe der Frequenzkurven

vonatkoztatási rendszer M tömege legjobban megközelíti  $A_k$ ,  $B_k$ -nál jobb jellemzőjű anyagok tömegét.)

A nagy számok törvényei alapján lehet az előfordulás törvényszerűségeit is egyértelműen megállapítanunk.

Az ásványbányászati anyagok készletének növelésére és egyúttal minőségének megjavítására különösen eredményesen alkalmazható a homogenizálás. Az átlagosítás legtöbbször nem egyszerű higitás (bár az állandó minőségű termék előállítására még akkor is előnyös, ha egyik, vagy másik minőségi jellemző átlagának némi csökkenésével jár együtt), hanem határozott minőségjavítás, ha pl. a művelet folytán A értékének kismértű csökkenése mellett B nagyobb ütemben növekszik. A homogenizálásban rejlő lehetőségeket a statisztikus számításokkal tárhatjuk fel. Az ismertetett bentonitelőfordulásnál pl. az ilyen számítások a művelelő készletek több, mint 100%-os növelésének és a gépesített fejtésnek lehetőségeire mutattak rá.

A legtöbb nyersanyagelőfordulásunk inhomogén, a minőségi előírások pedig nem állandóak, hanem a mindennapi élet követelményei szerint sokszor változnak. Ilyen körülmények között a készletek megállapítása és nyilvántartása nehézségekbe ütközik, mert a készletkiszámítások során sokszor önkényesen megállapított minőségi határértékektől később, a gyakorlati életben az igények alakulása szerint el kell térnünk. Ennek a nehézségnek az áthidalására a gyakoriság-függvények igen alkalmasak, ezért fontosnak tartanánk, ha a statisztikus számítások eredményeit a földtani zárójelentések is mindig tartalmaznák.

A számítások elvégzése azonban sokszor igen nagy munka, főleg azért, mert a legtöbb ásványbányászati terméket a különböző iparágak használják fel, ezeknek pedig más és más minőségi előírásuk van, így igen sokféle számadat feldolgozására, egybevetésére és ábrázolására van szükség. Nagy számú a variáns akkor is, ha a földtani és bányászati lehetőségeket mind vagy akárcsak nagyrészt is figyelembe kívánjuk venni. Éppen ezért, e nehézségek áthidalására és a számítások megkönnyítésére a gépi adatfeldolgozás rendkívül előnyösen és várhatólag nagy gazdasági eredményekkel lenne használható.

### **Die Bedeutung der statistischen Rechnungen in der Erkundung nach mineralischen Rohstoffen**

Z. JUHÁSZ

Die im Laufe nach industriellen mineralischen Rohstoffen durchgeführte technologische Materialprüfung bezweckt immer die Feststellung der praktischen Verwendbarkeit des betreffenden Rohstoffes. Die Methode besteht in der zahlenmässigen Feststellung des Zustandes und der Zustandsveränderungen der eingesammelten Proben.

Im Schurfabschnitt der Erkundung soll die Laboratoriumsarbeit eine durch vielseitige Untersuchungsangaben erfolgte Charakterisierung der einzelnen Rohstofftypen (d.h. aller Mineralienarten, die sich voneinander unterscheiden, bei denen also die höffigen Mengen nicht in Betracht gezogen werden) ergeben. In Kenntnis dieser Untersuchungsergebnisse können die Rohstofftypen, die für industrielle Zwecke in Betracht kommen, sowie ihre allfälligen Vorbereitungsmethoden ausgewählt werden.

In jenem Abschnitt der Erkundung, wenn schon Detailarbeiten ausgeführt werden, findet die Identifizierung des gewählten Rohstofftypus, die Bearbeitung von zahlreichen Proben, durch die Feststellung der nötigen und genügenden Parameter, sowie die Erforschung des Vorkommentypus (des häufigsten Rohstofftypus) auf Grund der Korrelation der vielen zahlenmässigen Angaben statt. Die Auswertung erfolgt durch statistische Methoden. In dieser Arbeit können auch die Computers eine beträchtliche Hilfe leisten.

Zur Veranschaulichung der obigen Behauptungen wird in der Studie ein konkretes Beispiel angeführt.