

A MATEMATIKA SZEREPE A FÖLDTANBAN

A földtan és a matematika kapcsolata a legutóbbi időkben szinte váratlanul megerősödött. Ezzel egyidőben számos vitás kérdés merült fel a geológusok közt a matematika használatának jogosságára, használhatóságának kereteire, különösen pedig a geológusképzés matematikai anyagának irányelveire vonatkozóan. Ezekre a kérdésekre próbálunk meg itt az eddig kialakult vélemények alapján válaszolni.

A földtan, eddigi történetének mintegy másfél évszázada alatt, hatalmas fejlődésen ment át: a kezdet öncélú és leíró, tapasztalati vizsgálataiból egységes, zárt tudományággá vált, és így a nagyipari termelés hatalmas nyersanyagszükségleteinek felelős vállalója és a népgazdasági tervezésnek nélkülözhetetlen alapja lett. Ezzel a fejlődéssel, néha némileg elmaradva, máskor, meg előreugorva, együtt járt a földtan gondolati szerkezetének hasonló nagyarányú fejlődése. Ez a fejlődés általában két fő irányban haladt: egyrészt új tudományágak és segédtudományok alakultak a földtanon belül, mint a geokémia, paleoklimatológia, paleoökológia; másrészt a földtani kutatás egyre fokozódó mértékben vette igénybe a többi természettudományok nyújtotta lehetőségeket. Ezzel párhuzamosan a földtan minden területén óriási mennyiségű számszerű adat halmozódott fel, amelyek helyes értékelése többnyire elmaradt az általános fejlődéstől.

Az újonnan alakult tudományágak és a más tudományoktól újonnan kölcsönvett módszerek nem nyertek minden további nélkül polgárjogot a földtan keretében. Bár a geológusok többsége rendszerint nem tette ezeknek a kérdését elvi kritika tárgyává, a vezető szakemberek és geológus-gondolkozók közt széleskörű viták alakultak egy-egy ilyen újítás körül, amelyek során az egyik fél általában elzárkózó álláspontot foglalt el, és ha el is ismerte az új tudományág vagy módszer érdemeit, azzal válaszolt rájuk, hogy az »nem földtan«, míg viszont a másik fél sokszor az új irányzatra, mint valami varázsszerre alapozta egész tudományos jövőjét. Az ekörül kialakult tudományelméleti nézeteltéréseket rendszerint csak az idő döntötte el véglegesen. — Ma is sok ilyen bevallott és ki nem mondott ellentét áll még fent a geokémia, geofizika és egyéb, kevésbé orthodox irányban haladó tudományágak kérdésében, de ezeknek a helyzete a földtanon belül ma már nagyjából tisztázottnak mondható. Az érdeklődés és az ellentétek manapság főként a legfrissebb újonjott, a matematika köré csoportosulnak.

A matematika, — mindig beleértve a geometriát is, — együtt született és fejlődött a csillagászattal és földméréstanal, áthatotta a fejlődő fizikát, és mindenkorra egyesült vele. Azóta a matematika nagy területen behatolt a kémia területére és kinyújtotta csápjait az élettudományok, földrajz és földtan felé is. Nem szerényen, segítséget és felhasználhatóságot ajánlva jött, hanem iránytmutató, normatív tudományként, készen arra, hogy tiszta és ellentmondásmentes logikai felépítésével teljes egészében megreformálja az eddig még nem matematizált tudományok gondolati szerkezetét. A matematika ilyen fellépését az egyes tudományokon belül változatos természetű ellenhatások kísérték. Egyes irányzatok helyeselték, sőt megkövetelték a gon-

dolgodás minél szélesebbkörű matematizálását a saját tudományukon belül, mások viszont ennek többé-kevésbé mereven ellene szegültek. A földtanon belül három jellegzetes elvi álláspont alakult ki a matematika szerepére vonatkozólag:

Az egyik nézet szerint a matematikának semmi keresnivalója sincs a földtanban. A matematika segítségével csak olyan természeti jelenségek írhatók le, amelyekben a változó állapotjelzők száma viszonylag kicsi. Viszont a földtanban valamely jelenséget csak a változóknak meglehetősen nagy számával írhatunk le, és rendszerint ezek között is sok az ismeretlen. Gondoljunk például egy értelepek kialakulására, ahol a hőmérséklet, nyomás és térbeli helyzet ismeretén kívül legtöbbször az ismeretlen koncentráció-, göznyomás- és egyéb adatoknak egész halmazára lenne szükségünk, hogy a kérdést mennyiségileg megfoglássuk. Másrészt pedig a matematikai természetű feladatokban ismert premisszákból haladunk az ismeretlen végeredmény felé, míg a földtanban éppen a végterméket ismerjük, — legalábbis részben, — és ebből kell a lehetséges premissza-rendszerek legvalószínűbb értékeire következtetni, hogy aztán ezekből általánosítva a végtermékről részletesebb ismereteket szerezzünk. Így az értelepek (végtermék) jellegéből következtetve annak keletkezési módjára (premissza), megállapítjuk az értelepek (végtermék) továbbkutatásának legreményteljesebb irányait. Minden geológus saját tapasztalatából tudhatja, hogy egy ilyen kétszeres visszafelé-következtetésnél a formális, »matematikai« gondolkodás téveszmékre vezethet. — Végeredményben tehát ez az álláspont elveti a matematikus gondolkodás lehetőségét a földtanban, és szkeptikus állásmódot foglal el a számszerű adatok matematikai kezelhetőségével szemben.

A másik csoport szerint, éppen ellenkezőleg, a földtan gondolati szerkezetének a revízióját és újjáépítését a matematika segítségével és annak a mintájára kell végrehajtani. Nem szabad megengedni, hogy ilyen nagy gazdasági jelentőségű tudományban, mint a földtan, az intuíciónak előnyben részesüljön a logika felett. A geológusok részéről gyakran hallott »talán«, »körülbelül« és »valószínű« szavakat minél előbb az »ennyi és ennyi tonna«, »ilyen koncentráció« és »ennyi méter mélységben« kifejezéseknek kell felváltaniuk. Többnyire ez a véleményük a népgazdaság földtani irányban érdeklelt, de földtanilag nem képzett szakembereinek is.

A harmadik csoport álláspontja bizonyos szempontból átmeneti helyet foglal el az előző kettő között. E szerint alkalmazzuk a matematikát a földtanban minél szélesebb keretek közt, mindig szem előtt tartva azonban, hogy geológusok vagyunk és nem matematikusok: ezzel a kritikai szemlélettel válasszuk ki a földtanban használható és földtanilag értékes eredményeket szolgáltató módszereket, és ha azok beváltak, alkalmazzuk őket minél nagyobb terjedelemben. — Ezt a szempontot veszik figyelembe, ha nem is mindig tudatosan, a gyakorlatban, üzemeknél működő geológusok, akik munkájuk javítására aránylag a legszívesebben alkalmaznak mindenféle új módszert, — feltéve, természetesen, ha egyáltalán tudomást szereznek róla, — és éppen a közvetlen gyakorlatból a leggyorsabban meg tudják állapítani valamely módszer használhatóságát.

A fenti véleményeket áttekintve, a főkülönbségeket a matematikai gondolkodással szemben való állásfoglalásban látjuk. A számszerű adatok kezelését általában mindenki szívesen bízná rá a matematikára, legfeljebb annyiban térnek el a vélemények, hogy a matematikai apparátus mai fejlettsége mellett mennyire vállalhatja ezt a feladatot. Mármost ami a matematikát, mint gondolkodásmódot illeti; az eddig részben vagy egészben matematikai alapra épült tudományoknak, sőt magának a matematikának a gyakorlatából azt a tapasztalatot szűrhetjük le, hogy a matematikának gondolkodó algoritmusként való használata kevés kivétellel mindig tévtanokra vezetett. A gondolkodás tudománya egyébként is a logika és nem a matematika, ezért helytelen volna valamely tudomány gondolkodásmódjának megreformálását a matematikától várni.

Ezen az alapon viszont a földtani gondolkodás jelenlegi állapotára és annak megváltoztatására vonatkozó fejtegetéseket nyugodtan kívül hagyhatjuk ennek a cikknek a határain.

Egészen más a helyzet, ha a matematikát nem mint gondolkodásmódot, hanem mint kifejezési módot vesszük tekintetbe. A matematikai kifejezésmódnak tagadhatatlanul óriási előnyei vannak. A parabola egyenlete három betűből áll, és mégis jobban jellemzi a parabolát, mint három oldal szóbeli leírás. A döntő különbség azonban a szóbeli leírás és a képlet között az, hogy a képlet pontosan jellemzi a mennyiségi viszonyokat is, míg a szóbeli leírás legfeljebb csak minőségi lehet. Ezért a matematika, mint kifejezési mód, feltétlenül csak hasznára lehet minden tudománynak, így a földtannak is, feltéve, hogy a tapasztalati tényeket le tudjuk fordítani ennek a kifejezésmódnak a nyelvére, vagyis feltéve, hogy ezek a jelenségek a matematika jelenlegi fejlettség állapotában egyáltalán leírhatók.

A földtani jelenségleírások nagy része ma még valóban kivülesik a matematikai kezelhetőség határain, és pedig éppen a változók nagy száma miatt; de azért már ma is több olyan fogalomkört találunk a földtanon belül, ahol a tárgy matematikai megfogása kívánatos, sőt nélkülözhetetlen. Ide tartozik a nyersanyagkészletek becslése, ami a hasznosítható telep matematikai-geometriai kezelése nélkül ma már el sem képzelhető és a testmértan és trigonometria alapos ismeretén kívül legalábbis az analitikai geometria elemeinek az ismeretét feltételezi. Bár a hasznosítható telepek földtani kifejlődése rendszerint szintén igen változatos, a változók nagy számát ésszerű és — hangsúlyozottan — földtani alapon nyugvó megfontolásokkal le lehet úgy csökkenteni, hogy a számítás viszonylag egyszerűvé váljék. Ebben a vonatkozásban különösen áll az az egyébként is jól bevált elv, hogy bár az egyszerűbb matematika; eszközök használata a számítás pontosságát mit sem csökkenti, mégis, a magasabb színvonalú módszerek a munkát meggyorsítják, és ezért használatuk a gyakorlatban indokolt.

Hasonló terület a földtani térképezés és szerkesztés, ahol elsősorban geometria; segédeszközök és grafikus eljárások jönnek számításba, de ha nagyobb pontosságra törekszünk, gyakran kell a mértani eljárásokat számítással követni. Itt ugyancsak testmértani, trigonometriai és analitikai geometriai ismeretek szükségesek; amellet fel kell használni az igen sok munkát megtakarító nomogramokat, bár ez különös matematikai tudást nem igényel.

Őslénytani vonatkozásban bizonyos szabályos váztypusok (csigák, ammoniták) matematikai leírása jöhet számításba: így az ammoniták vizsgálatára a közelmúltban dolgoztak ki viszonylag egyszerű és rendszertanilag is jól használható leíró módszert.

A földtan számos ágában felhalmozott nagyszámú mennyiségi adat célszerű kezelése sem lehetséges a matematika segítsége nélkül. A látszólag összefüggéstelenül szórt adatokban a szabályszerűségeket a matematikai statisztika újabban nagy fejlődésnek indult módszereivel fedhetjük fel, rendszerezhetjük és értékelhetjük. A statisztikus módszerek manapság minden tudományban rohamosan terjednek és különösen a földtanban szaporodtak el nagy mértékben. Ennek az lehet az oka, hogy a statisztikus módszerek különösen megfelelnek a földtanban felvetődő problémáknak. Természetesen itt is fennáll két döntő követhetmény, hogy ti. egyrészt a begyűjtött nagyszámú adatnak legyen valamilyen földtani értehue, másrészt a kiderített szabályszerűségeket is a földtan szemszögéből kell értékelnünk. A statisztikusan jól kezelhető adattömegekre jó példa a földtan többféle ágában felgyülemlett rengeteg orientációs adat, pl. közetrés-mérés. Ebben az esetben a begyűjtött adatoknak van földtani értelmük, hiszen a közetrés jól körülhatárolt földtani fogalom. A közetrések statisztikájának földtani értelmezése

azonban a legtöbb esetben hiányos, amiért aztán a legtöbb földtani műben a közetrés-diagrammok kizárólag díszítő jellegűek.

A matematikai statisztika módszerei különben is nagy elővigyázatosságot követelnek meg, mert éppen fiatal volta miatt a statisztika elméleti apparátusa meglehetősen magasröptű és nem-matematikuskok számára nagyrészt érthetetlen. Igaz, hogy az ilyen magas elméleti sikon levezetett módszerek a gyakorlatban rendszerint táblázatok leolvasására és a négy alapműveletre korlátozódnak, vagyis bárki által könnyen elvégezhetőek, és az eredmények értékelése is néhány egyszerű szám összehasonlításával történik; de éppen ezért nagy a veszélye annak, hogy a módszer kezelése gépszerűvé és értelmetlenné válik. Ezért fontos, hogy a statisztikus módszerek elméleti úton megállapított alkalmazási szabályait a gyakorlatban nagyon pontosan tartsuk be.

A statisztika a fent említett, orientációs adatokkal kapcsolatban való felhasználáson kívül főleg az őslénytanban, a variációstatisztikai számításokban kap fontos szerepet. A rendszertani kategóriák elhatárolásának ez az egyetlen objektív módszere: minden egyéb a paleontológus szemmértékére és az összehasonlító ábrák jóságára, vagyis teljesen esetleges tényezőkre alapít. — Más területen is sikerrel alkalmazták már a statisztikát, például kavicsgörgetettségi, vagy vegyi összetételi adatok értékelésénél, de egészben véve mégis azt lehetne mondani, hogy ezeknek a módszereknek az igazán széleskörű alkalmazási módjait a jövőben fogják majd kidolgozni.

Ennyit a matematikának a földtanban való közvetlen alkalmazhatóságáról. Egészen más kérdés, hogy mennyi matematikát kell egy geológusnak feltétlenül tudnia? Természetesen mindazt, ami a földtani gyakorlatban közvetlenül alkalmazható: trigonometriát, térmértant, ábrázoló mértant, és főleg igen komoly mennyiségű algebrát, mert az minden matematikai módszernek az alapja. Ezenfelül azonban nem zárkozhatik el a geológus a geofizika, csillagászat, fizika (pl. szilárdságtan és erőműtan) ismeretanyagától sem, ezért feltétlenül szükséges, hogy ezek matematikai apparátusának is ismerje legalább az elemeit. Itt elsősorban differenciál- és integrálszámításról és valamennyi vektoranalízisről van szó. A jelenlegi középiskolai és egyetemi képzés ezt az ismeretanyagot a mostani geológus-hallgatóknak általában megadja.

Összefoglalva azt mondhatjuk, hogy a matematika a földtannak már ma is sok helyen igen fontos és nélkülözhetetlen segítséget nyújt. Legreálisabb állásfoglalás tehát, ha ezeket a jólbevált matematikai módszereket minél szélesebb körben alkalmazzuk, szem előtt tartva a földtan speciális követelményeit, és ha elősegítjük további használható módszerek kidolgozását és alkalmazását. Mindezekből végső fokon az következik, hogy a matematika elemeinek ismerete minden geológus számára nélkülözhetetlen, és minden matematikai többlettudás fontos segítség egyrészt a saját tudomány művelésében, másrészt pedig a rokontudományok jobb megértésében.

Balkay Bálint