

# Geofizika a hazai urán kutatásban

## A geofizikai módszerek fejlődése a hazai urán kutatásban

A hasadóanyag kutatása terepi geofizikai módszerekkel 1953-ban kezdődött meg, szovjet geológusok és geofizikusok irányításával. A mecseki uránlelőhely felfedezése (1954) után megalakult vállalatnál (Bauxit, PUV, majd MÉV) a szigorú titkosítások miatt egy, a hazai geofizikus szakmai köröktől évtizedekre elzárt, vagy erősen izolált geofizikai kutatási és termelési (bányageofizikai) szolgálat alakult ki, sajátos szakmai specifikumaival, módszertani irányzataival. Ezekről adunk rövid tájékoztatást, mivel a korábbi izoláltság ellenére ezek is beletartoznak a hazai geofizikai kutatástörténetbe.

### *Közvetlen felszínközeli urán kutatás céljából alkalmazott terepi és légi radiometrikus módszerek*

1953 és 1956 között a hasadóanyag felderítő-kutató munkákat kizárólag terepi radiometrikus módszerekkel, kezdetben kizárólag szovjet szakemberek végezték. A gépkocsival bejárható úthálózat mentén a perspektivikusnak ítélt területeken 36 db GM-csővet tartalmazó önirós műszerrel mértek, általában 1 : 25 000 méretarányban. A kimutatott anomáliákat gyalogosan részletesebben is megmérték, igen alacsony érzékenységű (0,1–0,2 imp/μR/h) műszerekkel. Mindkét esetben közvetlenül a felszíni képződményekben a felszíntől 0,5–1,0 m mélységig található urán, tórium és kálium összegzett gamma-sugárzását regisztrálták. A módszer csak a felszínen is észlelhető anomáliákat mutatja ki, 0,5–1,0 m vastagságú idegen anyag (pl. lősz) az anomáliákat már leárnyékolja.

A munkák meggyorsítása érdekében 1956-ban légi gamma mérést végeztek az ország területén, 14 200 km<sup>2</sup>-en 1 : 25 000 méretarányban. A kimutatott légi anomáliákat terepi mérésekkel részletezték. 1961 végéig gyakorlatilag befejeződött az ország hegyvidéki területeinek 1 : 25 000 méretarányú, terepi gamma módszerekkel történő átvizsgálása.

1965-től lehetővé vált a légi gammaspectrometriai felvétel, amely már nem a radioaktív elemek összegzett gamma-sugárzását méri, hanem külön-külön meghatározza a felszíni képződmények urán, tórium és kálium tartalmát (U: 1x10<sup>-4</sup>%, Th: 3x10<sup>-4</sup>% és K: 1,0% pontossággal). Az 1965–1968 közötti 4 év alatt összesen 37 000 km<sup>2</sup> területen végezték el a méréseket, részben 1:25 000, részben 1:50 000 méretarányban. Az alkalmazott berendezés egyben lehetővé tette a légi mágneses felvételt is. A légi mérésekkel kimutatott anomáliákat terepi gammaspectrométerekkel ellenőrizték és részletezték 1:2000-es méretarányban, a MÉV által gyártott, az eddig alkalmazottaknál 150–200-szor érzékenyebb műszerekkel.

A légi mérésű radioaktív anomáliák ellenőrzése és részletezése után a 70-es évek közepére világossá vált, hogy Magyarországon megismertek minden gyakorlati jelentőségű hasadóanyag anomáliát. A to-

vábbi feladat a felszínen nem észlelhető mélységi anomáliák kutatása lehet.

A nagyobb kutatási mélység biztosítása érdekében már 1975-től kezdtek áttérni az ún. nyomdetektoros integrál radonfelvételre, azonban ennek nem egyértelmű eredményei egy új, komplex kutatási eljárás kidolgozására kényszerítették a vállalat szakembereit.

### *Mélységi uránlelőhelyek kutatása*

Az urán árának erőteljes csökkenése és a nemzetközi uránbányászati tendenciák változása az 1980-as évektől új geofizikai kutatási módszerek kidolgozását tette szükségessé. Világossá vált, hogy gazdaságos uránbányászat csak az in situ leaching (ISL) művelési eljárással lehetséges, amelynek során az uránt vegyi reagensek segítségével, fúrólyukon keresztül termelik ki. Az ilyen típusú, hidrogenitikus uránércesedések előfordulása szempontjából a Magyarország hegyvidékeit övező medenceterületek perspektivikusak ugyan, de a hagyományos radiometriai módszerek nem vezetnek eredményre, mert az ilyen mély ércesedéseknek még a geokémiai szóródási udvaruk sem jelenik meg a felszínen.

E lelőhelyek földtani kutatására 1983-tól a MÉV geofizikus szakemberei a világon elsőként kifejlesztették az ún. komplex mélységi radiometriai kutatómódszert (KMRK). Ez a kutatómódszer földtani (fúrásos), geofizikai (karotázs és emanációs), hidrogeológiai és geokémiai kutatási elemeket foglal magában. A KMRK fő terepi műveletei a következők:

- 50–100 m-es sekélyfúrások mélyítése a talajvízszint alá legalább 20–30 m-re. (A fúrások teljes szelvényrel mélyülnek, a furadékot a helyszínen geológus minősíti);
- a fúrások komplex karotázs vizsgálata (SP, fajlagos ellenállás potenciál és gradiens elrendezéssel, természetes gamma, mágneses szuszceptibilitás);
- a fúrások kiképzése radiológiai mérőhellyé (ennek során a fúrólyuk kitisztítása kompresszorozással és perforált műanyag béléscső elhelyezése a fúrás teljes hosszában);
- radio-hidrogeológiai mintázás, a redox viszonyok, az oldott U és Ra tartalom meghatározása és teljes vízkémiai elemzés, valamint az uránnal társuló nyomelemek kimutatása;
- mélységi emanációs felvétel, azaz a fúrás radonprofiljának felvétele nyomdetektoros technikával, mind a vízszint alatti, mind az a feletti szakaszon. (Az ily módon elvégzett emanációs mérések mélységi lehatolása kedvező esetben elérheti a 100 m-es nagyságrendet);
- végül a fúrás eltömedékelése (a felszín alatti vízbázis védelme érdekében).

1986–89 között a Mecsek hegységet övező neogén üledékekkel kitöltött medence kutatása során mintegy 2500 km<sup>2</sup> területen kerekén 1000 db KMRK fúrás mélyült 1600 m oldalhosszúságú négyzetháló-

ban. A kutatások ipari értékű uránfeldúsulás felfedezéséhez vezettek Bátaszék térségében, azonban a részletező kutatásokra és a KMRK folytatására az uránkutatás állami támogatásának 1989. évi megvonása után már nem kerülhetett sor.

### *Karotázs mérések*

1954 tavaszán a mecseki lelőhelyen megkezdett fúrásos kutatással egy időben alakult ki az urán karotázs szolgálat. Kezdetben (1954—1959 között) a mérések csupán a természetes gamma pontmérésre (5–10 cm-es észlelési közzel) és ferdeségmérésre korlátozódtak, de már e szűk módszerkomplexumnak is biztosítania kellett a fúrásokkal harántolt érc-lencsék térbeli helyzetének, vastagságának, uránkoncentrációjának és egyéb szükséges paramétereinek kellő pontosságú meghatározását. Ez az urán karotázs szolgálat alapvető feladata, ezek az adatok szükségesek a készletszámításokhoz.

A mecseki uránlelőhely bonyolult geológiai adottságai, az ország egyéb területein folytatott rendszeres uránkutatás, a revíziós és bérmmérések szükségessége, valamint a külföldi és hazai karotázs műszerfejlesztések eredményei már 1960-tól lehetővé és szükségessé tették a karotázs komplexum, s így a karotázsmérések alapján nyújtható földtani információ jelentős kiszélesítését.

1960-tól az uránlelőhely fúrásaiban alkalmazott karotázs mérési komplexum a következő mérésekből tevődött össze: természetes potenciál mérés, látszólagos fajlagos ellenállás mérés (normál és laterál szondákkal), természetes radioaktivitás mérés folyamatos szelvényezéssel (produktív összleten belül pontmérés is), lyukbőség szelvényezés, ferdeségmérés, esetenként hőmérséklet szelvényezés pont-hőmérsékletméréssel kiegészítve, szükség esetén áramlásmérés. Megjegyezzük, hogy az urán karotázs szolgálat modern műszerezettségének kialakításában, fejlesztésében igen fontos és eredményes szerepet vállalt magára az ELGI; a szállított egyes karotázs berendezéseket kifejezetten a MÉV felkérésére, ill. a MÉV igényeihez alakította ki (USZEKA, K-300, K-500-2, K-1500-MOLE, K-3000). Mindez a 80-as években már a karotázs csoport vizsgálati lehetőségeinek igen széles skáláját biztosította: gamma-gamma sűrűség szelvényezést, neutronaktivációs szelvényezést, gerjesztett polarizációs-, mágneses szuszceptibilitás-, akusztikus szelvényezést stb.

A közvetlen uránkutatási célú fúrások szelvényezésén és kiértékelésén kívül a MÉV karotázs szolgálatára 1990. évi megszűnéséig az ország különböző területein több, mint 2300 fúrásban végzett revíziós jellegű (a fúrás természetes gamma szelvényének átvizsgálása hasadóanyag feldúsulási szempontból) mérést ill. bérmmérést (bauxit, színesérc, szén, víz stb.). Ezen kívül más karotázs csoportok által az ország különböző területein szelvényezett közel 12 000 fúrás MÉV-nek eljuttatott (revíziós) karotázszelvényét vizsgálta meg és rendszerezte egységes szempontok szerint.

## **Földtani kutatások geofizikai módszerekkel a hazai uránkutatásban**

### *Geoelektromos módszerek*

A geoelektromos kutatási módszerek alkalmazását önálló szervezeti egységgel a MÉV 1958-ban kezdte meg. 1990-ig az ország különböző vidékein mintegy 80 területrészen, kb. 1500 km összhosszúságú szelvény mentén végzett különböző célú geoelektromos méréseket.

A MÉV-nél végzett geoelektromos mérések feladatait általában két nagyobb csoportra lehet osztani: egyrészt különböző földtani képződmények mélységi kutatása (alaphegység mélységének és közettani összetételének meghatározása), másrészt földtani térképezés (felszínközeli, eltérő litológiai összetételű képződmények térképezése, kőzetkontaktusok, vetők, szerkezeti zónák, telérek kutatása stb.).

A mélységi kutatásokat VESZ módszerrel végezték AB = néhányszor 10 m-től AB = 4000 m terítési távolságig a konkrét földtani viszonyoktól (alaphegység mélység) függően. A földtani térképezések során a horizontális elektromos szelvényezés különböző változatainak széles spektrumát alkalmazták. Ilyenek: egy- és kétélehatolású szimmetrikus szelvényezés, kombinált és dipól szelvényezés, valamint a közbülső gradiens módszere. Ezek a mérések elsősorban a mecseki lelőhelyre és környezetére, a Balaton-felvidékre és Észak-Magyarország hegyvidéki területeire összpontosultak.

A MÉV a saját célú geoelektromos méréseken kívül a 60-as években és a 70-es évek elején jelentős mennyiségű mérést végzett a Bauxitkutató Vállalat és az Országos Érc- és Ásványbányászati Vállalat megrendelésére különböző nyersanyagok kutatására (pl. Magyaralmás: bauxit, Velencei-hg.: színesérc, Cserszegtomaj: festéktöld és tűzálló agyag, Székesfehérvár: aplit, Tokaj-Hegyalja: kaolin stb.). A színesérc kutatásnál a már említettekén kívül egyéb geoelektromos módszereket is alkalmaztak.

Módszertani fejlesztés területén a MÉV-nél jelentős mennyiségű laboratóriumi modellezés történt a geoelektromos mérések bányabeli alkalmazhatóságának tisztázására, és konkrét terepi méréseket végeztek a differenciál módszereken alapuló ún. „geoelektromos szeletelési eljárás” földtani hatékonyságának vizsgálatára.

### *Földmágneses mérések*

1960—1982 között jelentős mennyiségű földmágneses mérést végeztek részben a geoelektromos szelvények mentén, részben önálló jelleggel. Egyes jelentősebb anomáliák a hatószámítások elvégzése után fúrással is megkutatásra kerültek (pl. Helesfa: szerpentinit, Irota: pirrotin, Gyód: amfibolit stb.).

### *Szeizmikus mérések*

Az 1960-as évek elején mindössze néhány évig működött a MÉV-nél önálló szervezésben egy szeizmikus csoport. Működése alatt a Mecsek környékén, Balaton-felvidéken és Lovasberény környékén végzett nem nagy volumenű refrakciós méréseket. A MÉV geofizikai szolgálatára rövid időn belül felismer-

té, hogy olcsóbb és földtanilag is hatékonyabb, ha a továbbiakban a szeizmikus méréseket a lényegesen modernebb műszerezettségű és szakmailag jobban felkészült ELGI-nél rendel meg.

### *Bányageofizika az uránbányászatban*

A bányászati geofizika leglényegesebb eleme az uránérc bányászatában az uránérc helyének, minőségének és egyéb fizikai paramétereinek meghatározása. Ehhez kapcsolódott későbbiekben a ritkuló fúrásos kutatás miatt az ércesedés kiterjedésének és azonosításának vizsgálata. A bányászat mélyülésével előtérbe kerültek a kőzetmechanikai, kőzetzfizikai adatok beszerzésének lehetőségei is.

Bányabeli fúrásokat a bányauzem nyitása után, a részletező kutatási fázisban végeznek. A kialakított kutatási rendszer végső célja, hogy a megtalált ércetek minimum 6x6 m-es hálóban ismertek legyenek. A bányabeli karotázsnál (döntő többségben felfelé irányuló fúrólukokban) természetes gammasugárzás mérést, lyukferdeség mérést vezettek be minden fúrásban. Esetenként kőzetmechanikai célból elektromos karotázst, kísérleti célból gammaspektrometriai és szelektív gamma-gamma méréseket végeznek. Az adatokat számítógépes kiértékelés után adatbázisba rendezik, amelynek interaktív tervezési célokra történő felhasználásán jelenleg dolgoznak. Ezen adatbázist állandóan pontosítják az érc leművelése során mért adatokkal. A pontos minőségmeghatározás érdekében a fúrómagokon laboratóriumi méréseket végeznek: uránkoncentráció, U-Ra egyensúly, radon emanációs koefficiens meghatározására.

A bányafúrásokból nyert információ alapján megtervezett bányatérsegekben folyamatosan fal- és kútatályuk-méréseket végeznek. Ezzel pontosítják az érc térbeli helyzetét, meghatározzák minőségét. A kialakult irányítási gyakorlatban a geofizikai szolgálat intézkedik a minősített ércettest és a mindenkori gazdasági mutatók alapján az érchez jöveszthető meddő kőzet mértékéről. Az ún. tömbfejtések és védőpillérek környezetében kőzetmechanikai célú geoelektromos, szeizmikus, szeizmoakusztikus és ultrahangos méréseket végeznek, nagyrészt kísérleti jelleggel.

### *A geofizika szerepe az ércosztályozásban és a készletgazdálkodásban, valamint a rekultivációban*

A bányából kikerülő minden csille súlyát és gamma-sugárzását mérik. Számítógépes adatrendszeren keresztül folyamatosan minősítik a termelési tevékenységet és korrigálják a készlet adatait. Az ércdúsítás folyamán is több mérőpont segítségével avatkoznak a folyamatirányításba.

A bányászkozás során keletkező meddőhányók és az ércdúsítás folyamán keletkező zagyártározók folyamatos megfigyelését a természetes gamma-sugárzás mérése és a radon exhaláció monitorozása révén a geofizika hivatott ellátni, és adatokat szolgáltatni a rekultivációhoz. A bányászkozás során kialakított üreghálózat (több, mint 16 millió m<sup>3</sup>) sajátfolyamatainak megfigyelésére geodinamikai mérőrendszert hoztak létre, amelynek két eleme van: a szeizmológiai mérőhálózat és a mélyszinti extenzométer.

*Összeállították: Baranyi István, Berta Zsolt, Várhegyi András*

## *Az ELGI gravimetriai adatbázisa*

A gravitációs módszer a legrégebbi geofizikai módszerek közé tartozik. A Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet alapítása (1919) óta végez ilyen méréseket. Az eltelt évtizedek folyamán Intézetünkben mintegy 275 000 gravimetriai állomás adatai maradtak fenn olyan minőségben, hogy a kutatók ma is használhatják azokat. A széles körű felhasználás alapja az adatok számítógépre vitele, és olyan adatbázisba rendezése, mely gyors hozzáférést és sokoldalú manipulálhatóságot biztosít.

A graviméteres mérések sajátossága, hogy a mérési eredmények nem függnak a mérés körülményeitől (időpont, szelvényirány stb.), ugyanakkor már az elsődleges feldolgozásra (Bouguer-anomália számítása) is többféle eljárás létezik. A számítás külső paramétere a korrekciós sűrűség, melynek optimális

értéke területről területre változhat. A földi normáltér korrekciójára többféle eljárás létezik, megegyezés kérdése, hogy melyiket alkalmazzuk. A hazai gyakorlat általában a Cassinis-féle képlettel számol, nemzetközi együttműködés keretében azonban más eljárás alkalmazására is szükség lehet. A nemzetközi együttműködés lehetősége egyébként más problémákat is felvet, a Magyarországon alkalmazott koordináta- és magassághálózat, a gravitációs bázishálózat eltérhet a más országokban alkalmazottól. A DANREG programban a magyar—osztrák—szlovák együttműködésben készült gravitációs térképek előállítását például egyéves egyeztetés előzte meg.

A fentiekből következően létrehozható olyan adatbázis, mely az ország valamennyi graviméteres mérését tartalmazza, és annak bármilyen szempont-