

# Geokémiai háttérértékek Magyarország hegyvidéki területein

## *Geochemical background concentrations in the Transdanubian and Northern Hungarian Ranges*

FÜGEDI Ubul<sup>1</sup> – HORVÁTH István<sup>1</sup> – ÓDOR László<sup>1</sup>

(4 ábra, 4 táblázat)

*Tárgyszavak: geokémia, térképezés, geokémiai módszerek, háttérérték, mintázás,  
geokémiai provincia, szennyezés, Magyarország*

*Keywords: geochemistry, mapping, geochemical methods, background level, sampling,  
geochemical province, pollution, Hungary*

### Abstract

In Hungary the analytical methods valid for constructive detection of background concentrations of the most important toxic elements have been widely applied since the beginning of the 90s. At that time an ideal method was found for collecting the results of different investigations in order to detect the probable concentrations with respect to the geological-climatical relations of the Transdanubian and Northern Hungarian Ranges – from sample planning to the evaluation of results. The investigations were completed in an integrated, three-stage system – FOREGS: Geochemical Atlas of Europe, 1 : 5 000 000; MÁFI: Geochemical Atlas of Hungary 1 : 500 000; Geochemical Atlas of the Transdanubian and Northern Hungarian Ranges 1 : 50 000.

With this method it was possible to the following: contour the regional pollutions formed under the “historical” mining areas; separate the geochemical provinces of Hungary; find some new gold deposits; and determine the geochemical background concentration ranges of the Transdanubian and Northern Hungarian Ranges. It was confirmed that the stream sediment samples can be replaced by sinkhole samples on the karst plateaus, where no recent alluvial deposits were found.

### Összefoglalás

Magyarországon az 1990-es évek elején váltak tömegessé a fontosabb toxikus elemek háttér-koncentrációinak meghatározását lehetővé tevő analitikai módszerek. Erre az időre a szerteágazó módszertani vizsgálatok eredményeit összesítve tisztáztuk, hogy a Magyar-középhegység földtani-éghajlati viszonyai mellett mi a tájegységi várható értékek meghatározásának leghatékonyabb módszeregyüttese – a mintavétel tervezésétől az adatok értékeléséig. Vizsgálataink háromlépcsős, integrált rendszerben végeztük – FOREGS: Európa geokémiai térképe, 1 : 5 000 000; MÁFI: Magyarország geokémiai atlasza 1 : 500 000, a középhegységi területek geokémiai atlasza, 1 : 50 000.

Ezzel a módszerrel sikeresen lehatároltuk a hazánk területén (a régi bányavidékek alatt) kialakult regionális környezetszennyezéseket, elkülönítettük Magyarország geokémiai nagytájjait, találtunk néhány új aranylelőhelyet, meghatároztuk a Magyar-középhegységben alkalmazható háttérérték tartományokat és azt, hogy hol kell ezekről eltérve egyedi háttérértékeket megszabni. Bizonyítottuk, hogy a karsztfennsíkokon, ahol aktív vízfolyás hiányában recens allúvium sincs, a hordalékminták töbör-mintákkal pótolhatók.

<sup>1</sup> Magyar Állami Földtani Intézet, 1143 Budapest, Stefánia út 14.

## Geokémiai térképezés Magyarországon

Hazánkban az elmúlt évezred legvégéig nem készült a középhegységi tájakat lefedő, egységes szemléletű geokémiai térkép. A geokémiai kutatás fő célja az ércutatás, módszere a metallometria (hálózatos talajmintavétel) volt. A patak-hordalékot néhány kivételtől (ELSCHOLTZ & NÉMETH 1969, VETŐ 1972, FÜGEDI 1986) eltekintve nem mintázták. A félmennyiségi optikai emissziós színképelemzés nem tette lehetővé az alapvető színes- és félfémek háttérhez közeli koncentrációinak megbízható meghatározását. A felvételek zöme egy-egy indikáció megismerését célozta, a szórványos, tájegységi térképek összevetését pedig már az alkalmazott módszerek különbözősége is lehetetlenné tette – így például a Mátrát (GEDEON 1964) a felszíni vízfolyások összes nehézfém-tartalmának vizsgálatával, a Bükköt és az Aggtelek–Rudabányai-hegységet (BÓJTÓSNÉ VARRÓK 1977) és a Velencei-hegység északkeleti részét metallometriával, a mecseki triászt (FÜGEDI & CSALAGOVITS 1977) litogeokémiai mintavétellel jellemezték. Az egységes módszer hiányának eredményeként a metallometria hálózata a Bükkben és az Aggtelek–Rudabányai-hegységben izometrikus, más tájegységeken anizometrikus volt, és utóbbi mértéke a Velencei-hegységben alkalmazott 2:1-től a Közép- és Nyugati-Mátra érckutató programjában (NAGY 1988) használt 10:1-ig változott. A mintákat csaknem mindig a talaj A szintjéből gyűjtötték, de épp a mátrai minták háromnegyedét a C szintből, kézi-fúróval. A geokémiai adatokat többnyire az egyéb vizsgálatok eredményeitől elkülönítve kezelték, így például a Mátrában a geokémiai szelvények csapásiránya mintegy 1,5 fokkal eltért a geoelektromos szondázásától.

Az első olyan, egész tájegységet lefedő geokémiai felvételt, amelyhez már részben kvantitatív eljárások szolgáltatták az adatokat, a Zempléni-hegységben végeztük el (HARTIKAINEN et al. 1992, 1993). E munka fő célja (HORVÁTH et al. 1993) ekkor is az ércutatás volt. Füzérkajátánál, valamint Mád, Király-hegyen sikerült is ipari értékű nemesfém-előfordulásokra bukkannunk, de emellett már megbízhatóan becslöttük az ércesedést kísérő elemek háttérérték tartományait, illetve várható értékeit is.

### A mintázott közeg

A Zempléni-hegységben párhuzamosan vizsgáltunk négy közeget (talajt, kőzet-törmelékét, szelélesi maradványt, a hordalék finom frakcióját). A leghatékonyabbnak a finom frakció bizonyult, ugyanis a kissé informatívabb szerminták gyűjtése kevésbé szapora, előkészítésük és feldolgozásuk jóval költségesebb és hosszadalmasabb. Ezért a Magyar-középhegység többi tájegységében a patak-hordalék finom frakcióját mintáztuk. Az eljárást kipróbáltuk száraz és nedves szitálással is (HORVÁTH et al. 1994). A kétféle módon gyűjtött minták eredményei között nem találtunk szignifikáns különbséget, ezért a jóval gyorsabb száraz szitálás mellett döntöttünk.

FÜGEDI (1986) rámutatott, hogy a mederüledékek finom frakciójában három, a nehézfémeket dúsító fázist kell figyelembe vennünk: a nehézásványokat, az agyagásványokat és a szerves anyagot. A két utóbbiban az oldatosan migráló fémek dúsulnak fel. Mivel a víz mindkettőt zömmel lebegtetve szállítja, ezek a lassabb folyású, szétterülő szakaszokon, leginkább a part közelében ülepsznek ki (illetve a

szervesanyag jelentős része eleve ott képződik). A nehézasványokat a patak zömmel vonszolva-görgetve halmozza át, és a sodorvonal tájékán, a nagyobb szállítási energiájú szakaszokon halmozza fel. Mivel ilyenfajta hordalékot évszaktól és időjárástól függetlenül, ár- és kisvíz idején is találunk a mederben, mintáinkat lehetőleg a durvább szemű hordalékból gyűjtöttük.

A kétféle dúsító folyamat közül amúgy is a törmelékes migráció jelentősebb. PEH & MIKO (2003) igazolta, hogy a középhegységekben a hordalék összetételét a lineáris erózió (a patak völgyek bevágódása) a területinél (az oldatos ionmozgásnál) erősebben befolyásolja. Ezzel összhangban szemléni módszertani vizsgálataink (ÓDOR et al. 1998) kimutatták, hogy a völgyekben harántolt anomális képződmények hatása az „átfolyó” cellákban hosszan követhető. Ezért, amikor a Magyar-középhegység (valamint az ugyancsak mintázott Mecsek és Villányi-hegység) környékét durván 4 km<sup>2</sup>-es vízgyűjtő területekre daraboltuk, külön jelöltük az ún. „elemi” vízgyűjtőket – amelyek teljes hordalékanyaga a cella területéről származik – és az „átfolyókat”, amelyekbe a víz és vele a hordalék egy része magasabb helyzetű cellákból érkezik. A vízgyűjtőt jellemző mintát annak kifolyási pontján gyűjtöttük.

A hegységek peremén, ahol gyakorta nem tudunk elég nagy cellákat kijelölni, külön mintáztuk a kisebb vízgyűjtőket, és a szomszédos részmintákat szitalás után területarányosan összevontuk, majd homogenizáltuk.

A mészkőfensíkokon, ahol az előrehaladott karsztosodás a felszíni vízfolyásokat gyakorlatilag megszüntette, a cellákat az egykori patakok nyomvonalát követő többsorok alapján jelöltük ki, és az iméntihez hasonlóan összevont minták egyes részmintáit a többsorok legelső töbreinek fenekéről gyűjtöttük.

### Kémiai elemzések

A véglegesített analitikai csomagban nagy nyomású bombában végzett, királyvizes feltárásból, ICP-AES módszerrel határozták meg a Mo, Cr, Zn, Pb, Co, Cd, Ni, Ba, Cu, Sr és Li elemeket, ICP hidridfejlesztéses technikával az As-t és Sb-t, atomabszorpciós lángtechnikával a Mn-t és K-ot, elektrotermikus atomabszorpciós módszerrel az Au-t. A Hg koncentrációját közvetlenül a pormintákból, AMA 254 típusú atomabszorpciós analizátorral mérték – később ezzel a műszerrel határozták meg minden, a FOREGS (Forum of European Geological Surveys) Európa Geokémiai Atlasza programjában gyűjtött szilárd minta Hg-tartalmát is. A Börzsöny és a Dunazug-hegység mintáinak ismételt analízise kimutatta, hogy a polietilén palackból a meleg padláson néhány év alatt a higany jó része elillan.

Minden sorozat mintáinak 10%-ából (a mintaszámok átkódolása után) ellenőrző vizsgálatot végeztettünk. Általános tapasztalatunk, hogy a labor jól dolgozott: a relatív hiba mindvégig a megengedhető határokon belül maradt. Két tájegység (a Mátra és a Nyugati-Mecsek) mintáit külső laboratóriumban – SGS Qualitest (Chenove, Franciaország), illetve OMAC (Grønningen) is megvizsgálták. A vizsgálatok között az eltérő feltárási dacára minden esetben több mint kielégítő regressziót találtunk. A külső elemzéseket felhasználtuk adataink pontosítására.

Az analitikai csomag véglegesítése után részben újvizsgáltattuk a Dunazug-hegység és a Börzsöny mintaanyagát, a Zempléni-hegység adatszerkezete azonban félmennyiségi maradt. További probléma, hogy a savas feltárási egyes elemeket nem

old ki jellemző ásványaikból (a báriumot a baritból, a krómot a spinellfélékből stb.). Az ilyen elemekből OES elemzésekkel, tehát porból lényegesen nagyobb koncentrációkat határoztak meg, mint az oldatos módszerekkel.

### Magyarország integrált geokémiai térképsorozatai

A geokémiai térképezés talán legfontosabb szabálya, hogy a minta típusát a felvétel léptéke szerint kell megválasztani. Ekképpen a FOREGS Európa Geokémiai Atlasza programjában a nagyobb (1000–6000 km<sup>2</sup>-es) vízgyűjtőket ártéri üledékekkel („overbank sediment”), az azokon belül kijelölt közepeseket (< 100 km<sup>2</sup>) a hordalék finom frakciójával („stream sediment”) jellemezzük, az ezeken belüli változékonyságot pedig talajmintákkal érzékeltetjük. Itt kell felhívniunk a figyelmet arra, hogy nincs univerzális, mindenholon gyűjthető reprezentatív mintatípus, ezért a kis (és tájegységtől függően a közepes) léptékű geokémiai térképek szinte sosem jellemezhetik a teljes felvételi területet. A lineáris erózió miatt nem gyűjthetünk reprezentatív hordalékmintát a nagyobb folyók közép- és alsó szakaszairól, nem mintázhatunk patakhordalékot ott, ahol a szemcséket gyakorlatilag csak a szél mozgatja stb. Ezért amikor összekapcsoljuk az egyes vízgyűjtőket, a térképen rendszerint maradnak értékelhetetlen területrészek, „lukak”.

A FOREGS rendszerét több nemzeti, illetve szubkontinentális atlasz tapasztalatait összesítve dolgozták ki. Magyarország geokémiai atlaszának (ÓDOR et al. 1998) tervezésekor főképp a lengyel tapasztalatokat (LIS & PASIECZNA 1995) vettük figyelembe. Az ártéri üledékeket két mélységintervallumban mintáztuk (ÓDOR et al. 1997a). A Magyar-középhegység részletesebb geokémiai térképsorozatát ugyancsak a FOREGS-szel analóg módon, a mederüledékek finom frakciója alapján állítottuk össze. A FOREGS (kb. 1:5 000 000), Magyarország geokémiai atlasza (1:500 000) és a középhegységi térképsor (1:500 000) tehát lehetővé teszi a kontinentális, regionális és tájegységi hátterek meghatározását, elkülöníthetővé és értelmezhetővé teszi a konkrét (kontinentális, regionális és helyi) anomáliákat.

Itt kell felhívniunk a figyelmet arra, hogy ez a három fokozatú rendszer csak hazánk középhegységi területeire érvényes: a felvételtől nemcsak a síkvidékek maradtak ki, hanem (anyag okokból) a dombvidékek nagyobb része (Cserehát, Velencei-hegység és Somogy–Tolnai-dombság), valamint az Alpokalja is.

### A háttér jellemzése

A magyar környezetvédelmi jogban (10/2000) szereplő képtelenségek (FÜGEDI 2004) dacára a háttér sosem jellemezhető egyetlen, várható érték típusú mennyiséggel: a geokémiailag homogénnek tekintett csoportokban legalább a „szokásosnak”, illetve „normálisnak” tekinthető értéktartományt meg kell adni. Ehhez egyrészt le kell válogatni az anomáliákat, másrészt tisztázni kell a maradék heterogenitását.

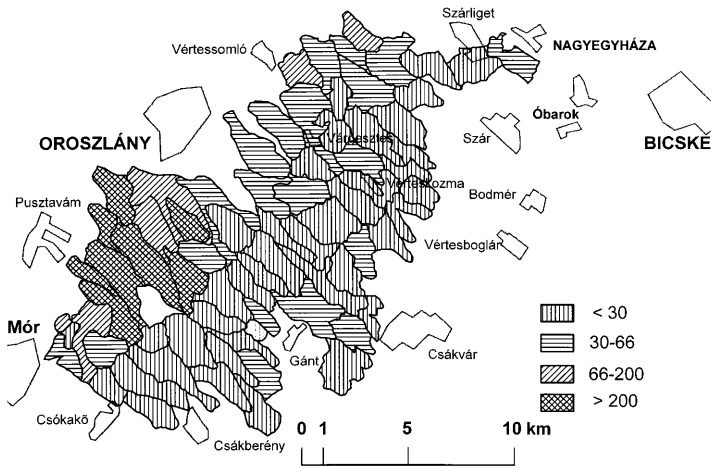
A felvétel kettős (környezetföldtani és érckutató) céljából adódóan különös gondot fordítottunk a természetes eredetű (érces) anomáliák leválogatására (ÓDOR et al. 2000). Észak-Magyarország ismert érces tájegységeire meghatároztuk az ano-

máliák perspektivitását mutató, ún. additív indexeket (ÓDOR et al. 1997b). A Mecsekben, a patacsi mélyút és Mánfa között kimutatott anomáliát tovább kívánjuk kutatni; egyebüzt érdemleges új indikációt nem találtunk.

A heterogenitás értékelését jelentősen megnehezítette, hogy hazánkban a szerkezeti vonalak döntő többsége diszjunktív tektonikai elem, így a vízgyűjtő területek határai szinte mindig függetlenek az alapvetően eltérő kemizmusú földtani képződmények határvonalaitól. A földtani változékonyság egyébként is túl sűrű ehhez a léptékhez: egy-egy cellában nem ritkán 4–5 formáció kőzeteit is megtalálhatjuk. Azon ritka esetekben, amikor egy vízválasztó egyben földtani határ is, az eltérő földtani hátterű vízgyűjtőkről származó hordalék összetétele szignifikánsan különbözik. Ilyen vízválasztót láthatunk például Vértes hegységben, amelynek gerincétől ÉNy-ra, a felső-triász dolomitban jóval több a Sr, mint a hegység DK-i oldalán, a Sávolyi Mészke Formáció kőzeteiben (1. ábra).

A fentebb sorolt okok folytán felvételünk az efféle, formációszintű heterogenitások kimutatására általában nem volt alkalmas. A mintázott közeg heterogenitása azonban szükségessé tette annak tisztázását, hogy a töbörminták elemtartalmai szignifikánsan különböznek-e a mederüledékből várható értékektől. Ezért azon tájegységekben (É-Borsod, Bükk), ahonnan ehhez elegendő töbörmintát gyűjtötünk, összehasonlítottuk ezek elemtartalmait a hegyek lábánál gyűjtött hordalékokéval (1. táblázat).

A legtöbb földtani közegben a gyakorisági görbék többségének lefutása erősen eltér a normál eloszlásától. Jól példázza ezt, hogy a háttértartomány felső határa gyakorta több a középtérték kétszeresénél. Az aszimmetria mértéke tág határok



1. ábra. Sr (g/t) a Vértes-hegység hordalékmintáinak finom frakciójában

Fig. 1 Sr in the stream sediments of Vértes Mts

1. táblázat. Hordalék- és töbörminták háttérértéktartománya (g/t)

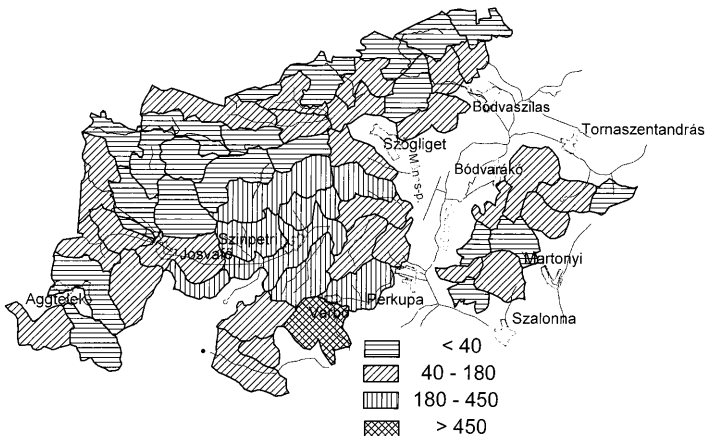
Table 1 Geochemical backgrounds (g/t) of the stream and sinkhole sediments in the Aggtelek and Bükk Mts

Aggtelek-Rudabányai-, Szendroi-hegység					Bükk			
elem	hordalék medián*	N = 68 háttér max.	töbör medián*	N = 13 háttér max.	hordalék medián	N = 51 háttér max.	töbör medián*	N = 7 háttér max.
Ag	< 0,2	> 0,7	< 0,2	0,2	< 0,2	0,5	< 0,2	< 0,2
As	8,6	20	8,7	> 12	10,4	25	8	> 12
Au	< 0,002	> 0,004	< 0,002	> 0,007	< 0,002	0,01	< 0,002	< 0,002
Ba	126	> 320	126	> 240	108	> 250	107	> 150
Cd	< 0,5	> 0,8	< 0,5	> 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Co	10	> 23	10,7	> 19	10,2	25	9,2	> 11
Cr	22	> 54	30,5	> 66	21	40	29	> 31
Cu	9	50	7,9	> 17	12	50	7	> 10
Hg	0,06	0,5	0,075	> 0,11	0,09	> 0,22	0,12	> 0,15
Li	15	> 33	16,6	> 34	11	30	12	> 15
Mn	770	2500	757	> 1270	1103	5000	856	> 1300
Ni	21	> 45	24	> 43	23	> 64	21	> 26
Pb	21	> 80	30	> 42	22,5	> 45	23	> 31
Sb	0,6	2,5	0,75	> 1	0,6	2	0,65	> 0,8
Sr	54	> 400	30	> 82	39	> 260	26	> 32
Zn	62	200	84	> 120	76	> 170	82	> 100

\* - Hodges-Lehmann-féle medián - Hodges-Lehmann estimation

&lt; 0,2 - a kimutatási határ alatt - below detection limit

&gt; 12 - minden, észlelt érték háttér jellegű - all detected values are background type



2. ábra. Sr (g/t) az Észak-Borsodi karszt hordalékmintáinak finom frakciójában

Fig. 2 Sr in the stream sediments of Aggtelek Mts

2. A táblázat. Szilikátos és karbonátos vízgyűjtőjű minták háttérérték tartománya (g/t) az Aggtelek-Rudabányai, Szendrői-hegységben és a Bükk hegységben

Table 2A Geochemical backgrounds (g/t) of the silicate and carbonate rock covered catchment areas in the Aggtelek and Bükk Mts

elem	Aggtelek-Rudabányai-, Szendrői-hegység				Bükk			
	szilikátos, N = 17		karbonátos, N = 81		szilikátos, N = 79		karbonátos, N = 58	
	medián*	háttér max.	medián	háttér max.	medián	háttér max.	medián	háttér max.
Ag	< 0,2	< 0,2	< 0,2	> 0,7	< 0,2	0,5	< 0,2	0,5
As	12	20	8,6	20	8,0	30	8,6	25
Au	< 0,002	> 0,004	< 0,002	> 0,007	< 0,002	> 0,022	< 0,002	0,01
Ba	173	> 290	126	> 320	106	350	104	> 250
Cd	< 0,5	< 0,5	< 0,5	> 0,8	< 0,5	1	< 0,5	< 0,5
Co	10	> 15	10	> 23	13	> 27	10	25
Cr	23	> 35	23	> 66	22	40	22	40
Cu	8	> 26	8	50	13	50	10	50
Hg	0,1	> 0,26	0,07	0,5	0,08	0,5	0,1	> 0,22
Li	17	> 32	15	> 34	13	> 45	11	30
Mn	892	2500	760	2500	1300	7000	944	5000
Ni	23	> 42	22	> 45	28	> 60	21	> 64
Pb	20	> 41	24	80?	20	> 41	23	> 45
Sb	0,9	2	0,6	2,5	0,5	2	0,6	2
Sr	47	> 280	49	> 400	48	200	36	> 260
Zn	64	> 120	66	200	69	> 170	74	> 170

között változik; ennek okaival e dolgozatban nem foglalkozunk. Eloszlásaink nagy többségének nem normális jellege okán a várható érték becsléseként a Hodges-Lehmann-féle mediánt adjuk meg. Háttérjellegűnek mindenütt a kiugró értékek és

2. B) táblázat. Szilikátos és karbonátos vízgyűjtőjű minták háttérérték tartománya (g/t) a Mecsek hegységben és a Villányi-hegységben

Table 2B Geochemical backgrounds (g/t) of the silicate and carbonate rock covered catchment areas in the Mecsek and Villány Mts.

elem	medián	háttér max.	medián	háttér max.
Ag	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3
As	5,3	20	6,6	20
Au	< 0,002	0,03	< 0,002	> 0,007
Ba	83	250	86	250
Cd	< 1	> 1,2	< 1	> 1,2
Co	8,2	> 20	8	> 17
Cr	19	> 33	21	> 33
Cu	5,8	> 31	7,7	> 24
Hg	0,02	> 0,07	0,035	> 0,1
Li	10	20	11	> 17
Mn	640	3000	590	2500
Ni	19	> 40	22	> 45
Pb	6	> 34	8,5	> 24
Sb	0,38	1,5	0,5	1,5
Sr	47	> 240	40	> 145
Zn	45	> 141	50	150

az anomáliák leválogatása után megmaradt adatokat tekintettük. A háttértartomány alsó küszöbét nem közöljük, mert kimutatási határaink ennek meghatározását többnyire nem tették lehetővé.

A kétféle mintatípusban várható értékek között szignifikáns különbséget csak a stronciumnál fedezhetünk fel (2. ábra), ezt ugyanis a karsztfennsíkokon beszivárgó víz a Ca-mal együtt kioldja és leviszi a karsztvízbe (a Sr<sup>++</sup>-ionokat az agyagásványok nem kötik meg). A töboragyagban viszonylag kevés Sr marad. A hegy lábánál kilépő forrásokból kiváló recens mésztufában a stroncium helyettesíti a kalciumot, így ezekben a hordalékokban viszonylag sok a Sr. Elképzelhető, hogy ezzel némileg ellentétes a króm viselkedése, mert az a terra rossa típusú töbor-kitöltésekben izomorf helyettesítéssel

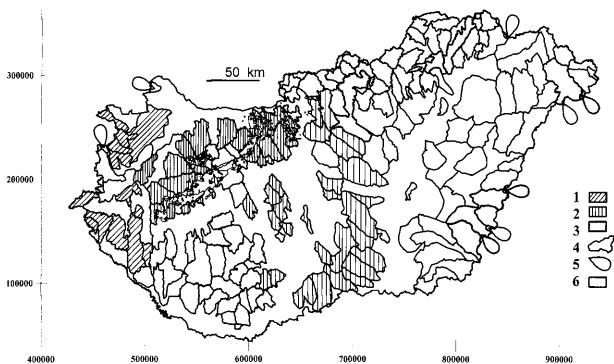
beépülhet a  $\text{Fe}^{3+}$  helyébe. Hasonló folyamatokat ír le ALEMAYEHU (2006) Addisz-Abeba környékéről, nálunk azonban ennek bizonyítására a mintaszám nem elegendő. A többi, vizsgált elem várható értéke a kétféle mintában gyakorlatilag azonos; mivel többrmintánk kevés van, értékeink a háttér felső határát többnyire meg se közelítik.

Korábban (ÓDOR et al. 2000) feltételezte, hogy a kétféle mintatípusból összevont karbonátos háttér lényegileg különbözik a szilikátostól. Ha azonban összehasonlítjuk az egy-egy tájegységre külön-külön meghatározott, kétféle háttérrel (2. táblázat), rá kell ébrednünk, hogy gyakorlatilag azonosak. Ennek okai között két, fontosabb tényezőt kell számításba vennünk:

1. a mállás eredményeként feloldott karbonátásványok tömegének elsöprő többsége oldatban marad, és nem kerül a hordalékba;

2. közephegységi területeink legnagyobb részén a szálaban álló kőzeteken vékony, laza üledéktakaró (löss, riolittufa) foszlányai települnek, ezért a talaj és a hordalék tetemes része ezek mállásának, lepusztulásának terméke.

Hosszú ideje ismert, hogy Magyarország középső részén a talajok „meszesek”, illetve „dolomitosak”: jóval több bennük a karbonátásvány, mint az ország keleti, illetve nyugati részén. Magyarország geokémiai atlaszát (ÓDOR et al. 1998) összeállítva megállapítottuk, hogy ezekben a talajokban (3. ábra) az egybeült szokásosnál lényegesen több a Ca, Mg, Sr (Ba) és az anionok közül pedig értelemszerűen a



3. ábra. Magyarország geokémiai nagytájai és a porló triász kőzetek elterjedése (FÜGEDI et al. 2005 nyomán; javított változat) 1 – 1. nagytáj: nincs jellemző elemcsoport; 2 – 2. nagytáj: Co, Cr, Ni; 3 – 3. nagytáj: Ca, Mg, Sr ( $\text{SO}_4$ ); 4 – 4. nagytáj: Ag, As, Au, Cu, Pb, Zn; 5. vízgyűjtő terület határa; 6. országhatáron túli lefordási terület; 7. a felső-triász dolomit F, diploporás dolomit és Dachsteini Mészkkő elterjedése

Fig. 3 Geochemical provinces of Hungary with the spreading areas of flouring Triassic carbonates (after FÜGEDI et al. 2005) 1 – 1 province (normal), 2 – 2 province (Co, Cr, Ni), 3 – 3 province [Ca, Mg, Sr ( $\text{SO}_4$ )], 4 – 4 province (Ag, As, Au, Cu, Pb, Zn), 5 margin of catchment area, 6 erosional surface near the frontier, 7 spreading area of the Upper Triassic carbonates



3. táblázat. Karbonátos háttér (g/t) a Dunántúli-középhegységben  
Table 3 Carbonate backgrounds (g/t) in the Transdanubian Range

elem	Pilis, N = 50		Budai-hg.,* N = 63		Vértes, N = 74		É-i Bakony, N = 192		D-i Bakony, N = 120	
	medián	háttér max.	medián	háttér max.	medián	háttér max.	medián	háttér max.	medián	háttér max.
Ag	0,65	1,5	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3
As	7,4	20	4,71	15	4,7	10	4,9	15	4,5	> 12
Au	<0,002	0,01	< 0,002	0,01	<0,002	0,015	<0,002	0,035	<0,002	0,03
Ba	78	200	56	200	58	> 106	61	> 230	62	200
Cd	<1	1,5	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	1,5	< 1	< 1
Co	10,5	> 17	6,6	20	5,7	> 9	6,6	> 14	6,4	20
Cr	19	60	16	40	16	> 32	17	60	17	> 34
Cu	9	25	5,6	> 14	4,4	> 12	5,0	25	6,2	25
Hg	0,05	0,3	0,03	> 0,11	0,05	0,27	0,03	0,3	0,03	0,3
Li	20	> 32	6,8	> 19	7,4	> 20	7,9	> 24	8,6	> 26
Mn	460	2000	423	2000	414	2000	424	2000	365	2500
Ni	24	50	17	50	14	> 27	15	50	16	> 45
Pb	12,5	40	7	> 18	11	> 37	< 5	40	6,5	40
Sb	< 0,2	2	0,41	2	0,49	2	0,35	1,5	0,36	1,5
Sr	72	>202	52	> 180	27	450	50	> 300	42	> 400
Zn	56	200	41	> 90	45	> 80	41	200	41	200

\* – tájékoztató jellegű értékek – estimated values

4. táblázat. Szilikátos háttér (g/t) a Magyar-középhegység vulkáni-üledékes közeitin  
Table 4 Silicate backgrounds (g/t) in the Transdanubian és North Hungarian Range

elem	Bakony, N = 17		Mátra, N = 97*		Heves-Borsodi dombtság, N=129**		Cserhát, N = 167		Börzsöny <sup>1</sup> , N = 157	
	medián	háttér max.	medián	háttér max.	medián	háttér max.	medián	háttér max.	medián	háttér max.
Ag	< 0,3	< 0,3	< 0,2	> 0,4	< 0,2	> 1,2	< 0,2	> 0,6	0,4	1,6
As	5,0	> 8	6,35	50	5,4	25	4,4	20	2,8	15
Au	<0,002	> 0,01	<0,002	0,015	<0,002	0,015	<0,002	0,01	<0,002	0,015
Ba	74	>140	127	300	96	> 260	86	> 230	88	300
Cd	< 1	< 1	< 1	3	< 1	1,5	< 1	> 1,3	< 1	1,5
Co	6,0	> 10	12	30	9	> 19	8	> 22	13	> 29
Cr	17	> 30	11	> 20	17	40	18	> 36	15	> 73
Cu	7,1	30	14,4	50	3,7	30	6	40	7	50
Hg	0,035	> 0,1	0,14	1,0	0,04	0,4	0,03	0,5	0,01	0,09
Li	8,6	15	9	30	7	> 23	8	> 21	16	> 44
Mn	394	>1050	990	5000	920	6000	690	>5900	590	>3200
Ni	16	> 30	11	30	15	> 36	18	> 43	17	60
Pb	4,0	> 15	19	70	10	> 38	< 5	40	9	50
Sb	0,55	> 1,2	0,7	7	0,3	2	0,25	> 0,8	< 0,2	> 1,2
Sr	71	200	48	> 150	47	250	52	> 180	120	> 240
Zn	42	> 80	60	200	57	200	51	200	45	200

<sup>1</sup> – valamint Karancs és Medves – with Karancs and Medves

\* – (As, Cu, Pb, Zn: N = 136)

<sup>2</sup> – és Visegrádi-hg., tájékoztató adat – with Visegrád Mts., approximately

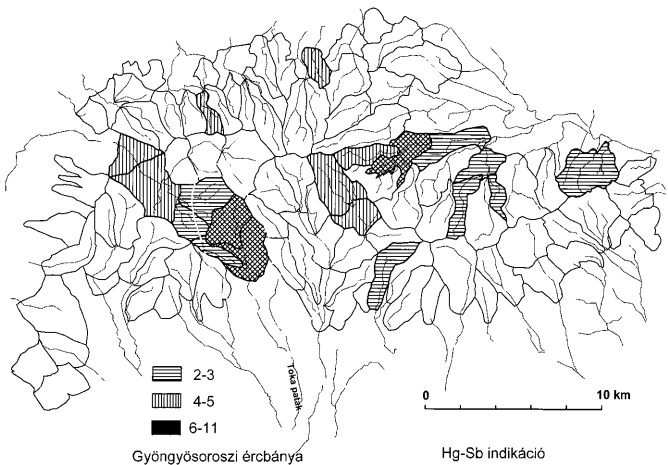
\*\* – (As, Cu, Pb, Zn: N = 139)

\* A börzsönyi adatok becsült értékek – The data of Börzsöny estimated value

karbonát (szulfát, foszfát). Ahogy ezek felhalmozódnak, a felszínközeli üledékekből kiszorítanak minden más iont, és a talajok egyre inkább tápelemhiányossá válnak.

MOLNÁR (1980) megállapította, hogy a Duna–Tisza között nem csak a homokban, de a löszben is sok (nem ritkán 20–30%) a karbonátásvány. KUTI et al. (2003) egyértelművé tette, hogy a Duna–Tisza közti hátságán a mészkumulációhoz szükséges kalcium és a magnézium törmelékes mész- és dolomitzemcsékből oldódik ki. Mind a kalcit, mind a dolomit kristályos; szemcséik a felszíni viszonyok között korrodálódnak (KUTI et al. 1999). A Tiszántúlon, ahol nem találunk törmelékes karbonátzemcséket, a szikesedést nem kíséri mészkumuláció (KUTI et al. 2002). FÜGEDI et al. (2005) szerint a kalcit- és dolomitzemcséket a Dunántúli-középhegységben általánosan elterjedt, porló karbonátkőzetekből fújta ki a szél a jégkorszakban, a 3. geokémiai nagytáj tehát az a terület, ahová a szél a száraz, hideg éghajlaton ezt a port elhordta. Ezek után egyáltalán nem meglepő, hogy bár a formációs szintű különbségeket a keveredés eltünteti, az egyes tájegységi hátterek jelentősen különböznek. A tájegységi karbonátos háttereket (3. táblázat) áttekintve jól látszik, hogy a Dunántúli-középhegységben gyakorlatilag minden elem koncentrációja kisebb, mint akár Észak- akár Dél-Magyarországon, ahol a fiatal üledékek nem keveredett tetemes mennyiségű dolomit- és kalcitpor.

A fentebb ismertetett okok folytán a Bakony és a Balaton-felvidék szilikátos lepusztulási területein a háttér gyakorlatilag megegyezik a környező karbonátos vízgyűjtőkről meghatározottal, tehát lényegesen kisebb, mint az Északi-középhegységben (4. táblázat). Észak-Magyarországon, ahol a karbonátok kiporzásának



4. ábra. A Mátrahegység összevont anomáliatérképe (ÓDOR et al. 1997b nyomán)

Fig. 4 Cumulative anomaly map of Mátra Mts (after ÓDOR et al. 1997b)

egységesítő hatása nem érvényesül, az egyes tájegységeken meghatározott háttérértékek jóval változatosabbak. Így például jól megfigyelhető a mátrai ércesedés szóródási udvarának (Pb, Cu, As, Sb, Ba, Zn, Cd) a hátteret növelő hatása. Mint láthatjuk (4. ábra), a polimetallikus ércesedés kimutatására kidolgozott additív index az alacsony hőmérsékletű hidrotermákat egyáltalán nem jelzi.

Végjegyzet: Az additív index számítása:

	+1	+2	+3	+4
Au (mg/t)	6,5–12	> 20		
Ag (g/t)	> 0,2			
As (g/t)	12–22	39–44	> 60	
Cu (g/t)	30–45	> 100		
Pb (g/t)	40–45	55–110	> 190	
Zn (g/t)	100–250	300–700	900–2000	> 10 000

## Irodalom – References

- ALEMAYEHU, T. 2006: Heavy Metal Concentration in the Urban Environment of Addis Abeba, Ethiopia. – *Soil and Sediment Contamination* **15/6**, 591–602.
- BÓJTÓSNÉ VARRÓK K. 1977: Az észak-magyarországi osztály 1975. évi működése. – *MÁFI Évi Jelentése 1975-ről*, 17–21.
- ELSCHOLTZ L. & NÉMETH L. 1969: Ércelőfordulások szóródási udvarainak felderítésére alkalmas módszer. – *Hidrologiai Közöny* **49/6**, 258–272.
- FÜGEDI U. 1986: A szóródási nyelvek vizsgálatának eredményei. – In: NAGY G. et al.: Ércföldtani előkutatás a Középső- és Nyugatmátra területén, 1980–85, MÁFI Adattár, 128–142.
- FÜGEDI U. 2004: Geokémiai háttér és nehézfémzennyezés Gyöngyösorsói térségében. – *Földtani Közöny* **134/2**, 291–301.
- FÜGEDI U. & CSALAGOVITS I. 1977: A Mecsek-hegységi ritkafémkutatás eredményei. – Kézirat. MGSZ Adattár; Ter: 6885. 27 p.
- FÜGEDI U., SZURKOS G. & VERMES J. 2005: Éghajlatváltozások geokémiai hatásai Magyarország középső és keleti részén. – *MÁFI Évi Jel.* **2004-ről**, 65–71.
- GEDEON A. 1964: geokémiai mérések a Mátra-hegységben. – *MÁFI Évi Jelentés 1962-ről*, 337–346.
- HARTIKAINEN, A., HORVÁTH, I., ÓDOR, L., Ó. KOVÁCS, L. & CSONGRÁDI, J. 1992: Regional multimedia geochemical exploration for Au in the Tokaj Mountains, northeast Hungary. – *Applied Geochemistry* **7**, 533–547.
- HARTIKAINEN, A., ÓDOR, L., HORVÁTH, I., Ó. KOVÁCS, L. & FÜGEDI, U. 1993: Regional geochemical survey of the Tokaj Mountains, northeast Hungary. – *Tutkimusraportti (Report of Investigation)* **120**, Geological Survey of Finland, Espoo. p. 32.
- HORVÁTH I., ÓDOR L., FÜGEDI U. & HARTIKAINEN, A. 1993: Aranyindikációk a Tokaji-hegységi geokémiai ércutatásban. Gold indications in the regional-scale geochemical survey of the Tokaj Mts. (Hungary). – *Földtani Közöny* **123/4**, 363–378.
- HORVÁTH I., FÜGEDI U., ÓDOR L. & TUNGLI Gy. 1994: Telkibánya környékének felszíni geokémiai vizsgálata. – *Topographia Mineralogica Hungariae* **2**, 133–139.
- KUTI L., GEREI L., ZENTAY T. & VATAI J. 1999: Az ásványi összetétel szerepe a bugaci és fülöpi mintaterületek homoktalajaiban. – *Agrokémia és talajtan* **45/3–4**, 249–259.
- KUTI L., ZENTAY T. & KERÉK B. 2002: A bugaci és a fülöpi mintaterület felszínközeli üledékeinek kalcium-karbonát tartalma. – *MÁFI Évi Jelentés 1997–1998-ról*, 107–117.
- KUTI L., TÓTH T., KALMÁR J., KOVÁCS-PÁLFFY P. 2003: Szikes talajok ásványi összetétele és recens ásványképződés Apajpusztán és Zabszék térségében. – *Agrokémia és talajtan* **52/3–4**, 275–292.
- LIS, J. & PASIECZNA, A. 1995: Geochemical Atlas of Poland. – Polish Geological Institute, Warsaw.
- MOLNÁR B. 1980: Hiperszalin tavi dolomitképződés a Duna–Tisza közén. – *Földtani Közöny* **110**, 45–64.

- NAGY G. 1988: A középső és Nyugati-Mátra ércelőkutatása (1980–1985). – *MÁFI Évi Jelentés 1986-ról*. 129–136.
- ÓDOR, L., HORVÁTH, I. & FÜGEDI, U. 1997a: Low-density geochemical mapping in Hungary. – *Journal of Geochemical Exploration* **60**, 55–66.
- ÓDOR L., HORVÁTH I. & FÜGEDI U. 1997b: Észak-Magyarország nemesfém perspektívái a patakhordalékok geokémiai felvétele alapján. – *Földtani Kutatás* **34/2**, 9–12.
- ÓDOR L., HORVÁTH I. & FÜGEDI U. 1998: Magyarország geokémiai atlasza. – <http://www.mafi.hu/geokem/Fomenu.html>.
- ÓDOR L., FÜGEDI U. & HORVÁTH I. 2000: Magyarország hegyvidéki területeinek hordalék-geokémiai felvétele. – Zárójelentés az 1988–2000 között végzett munkáról. Kézirat. MGSZ Adattár, T. 20 046, 38 p.
- ÓDOR, L., WANTY, R. B., HORVÁTH, I. & FÜGEDI, U., 1998: Environmental Signatures of Mineral Deposits and Hydrothermal Alterations in Northeastern Hungary – a Case Study. – In: Deposit and Geoenvironmental Models for Resource Exploration and Environmental Security. NATO Advanced Study Institute, September 6–18, 1998, Mátraháza, Hungary. Abstracts, 29–30.
- PEH, Z. & MIKO, S. 2003: Impact of geomorphological variables in weighing the lithological influence on geochemical composition of stream and overbank sediments: a regression model for the Zumberak area (NW Croatia). – *Geologia Croatica* **56/2**, 199–214.
- VETŐ I. 1972: Jelentés az Aggteleki és Rudabányai hg. területén végzett geokémiai érckutatásról. – Kézirat, MGSZ Adattár. Budapest, 16 p.
- 10/2000. (VI. 2.) KÖM–EÜM–FVM–KHVM együttes rendelet A felszín alatti víz és a földtani közeg minőségi védelméhez szükséges határértékekről.
- 219/2004. (VII. 21.) korm. rend. a felszín alatti vizek minőségét érintő tevékenységekkel összefüggő egyes feladatokról
- [http://www.kvvm.hu/szakmai/karmentes/jogszab/jogszab12/219\\_2004.htm](http://www.kvvm.hu/szakmai/karmentes/jogszab/jogszab12/219_2004.htm)
- Kézirat beérkezett: 2006. 09. 06.