

Magyarország geokémiai atlasza

(A Magyar Állami Földtani Intézet és a Geokémiai Főosztály munkája iránt érdeklődők szíves tájékoztatására)

1. Néhány alapfogalom – bevezetésként

Valószínűleg annak a kérdésnek a tisztázásával kell kezdenünk, hogy mi is a geokémia, mert atlaszról sokan hallhattak már, de geokémiai atlaszról jóval kevesebben.

A geokémia a Föld anyagi összetételét tanulmányozza. Vizsgálja, milyen gyakorisággal, eloszlásban fordulnak elő az egyes elemek és vegyületek, hogyan mozognak és halmozódnak fel a különböző kőzetekben és a vizekben. Míg a földtani térképek tanulmányozásával megtudhatjuk, milyen kőzetek (homok, mészkő, gránit, bazalt stb.) építik fel környezetünket, a [geokémiai térképek](#) kisebb vagy nagyobb terület hálózatos vagy szabálytalan térszerű mintái alapján egyes elemek vagy elemcsoportok mennyiségének területi változását mutatják. Ezeknek a változásoknak az értelmezéséhez és megértéséhez esetenként néhány speciális alapfogalommal is meg kell ismerkednünk. Ilyen pl. az [elemek gyakorisága](#), a [főelemek](#), [nyomelemek](#) fogalma, a [geokémiai háttér](#) és [geokémiai anomália](#) stb. Ha az alábbiakban találkozunk ilyen fogalmakkal, rövid magyarázatukat is megtalálja, ha rájuk kattint ill. megtekinti az alapfogalmak kisszótárát.

Alapfogalmak

agrogeokémia: a növények számára fontos mikrotápelemek forrásainak, vándorlásának és felhalmozódásának vizsgálata a talajban, a közvetlenül a talaj alatt települő kőzetekben és a talajvízben. A talaj ún. teljes nyomelem-tartalmának csak kis része alkalmas arra, hogy a növény felvegye (tápelemek, mozgékony elemek, mikroelem-ellátottság). A növények számára a nyomelemek — koncentrációjuktól függően — lehetnek létfontosságúak (esszenciálisak) vagy toxikusak.

agrogeológia avagy mezőgazdasági földtan: a talajok termőképességét befolyásoló földtani tényezőkkel foglalkozó tudományág. A talaj–alapközet–talajvíz rendszer együttes vizsgálatával meghatározza és méri a talaj képződésének és lepusztulásának (talajerózió) folyamatait, a szántott talaj alatti rétegek és a talajvíz termőképességre gyakorolt hatását. Egyik rész tudománya az agrogeokémia.

alapszint: lásd geokémiai háttér

alkáli ultrabázitok: Sok káliumot, nátriumot, vasat és magnéziumot tartalmazó, szilíciumban szegény magmás kőzetek.

allúvium: a folyó medrében szállított és árvizek idején az ártéren lerakott hordalék

analitikai módszerek a geokémiában: azok a műszeres elemzési eljárások, amelyekkel a főelemek és a nyomelemek meghatározása sok mintán, gyorsan, nagy érzékenységgel és pontosan elvégezhető. Intézetünkben optikai emissziós spektrometriai (OES), indukzív csatolású plazma-emissziós (ICP-OES), indukzív csatolású tömegspektrometriai (ICP-

MS) és atomabszorpciós spektrometriai (AAS) módszerekkel készült vizsgálati adatokat használtunk fel a geokémiai felvételekhez.

areális erózió: a csapadékvíznek az egész felszínre kiható, lemosó, lepusztító tevékenysége. Heves záporok alkalmával nemcsak trópusi, szubtrópusi éghajlaton, de a mi viszonyaink között is végbemegy. Mértékét befolyásolja a kőzetanyag minősége, a lejtőszög és a növénytakaró.

elemek gyakorisága: a kémiai elemek átlagos tömeg%-os mennyisége a földkéregben ill. az egyes kőzettípusokban. Clarke F. W. amerikai geokémikusról az elemek világátlagának, klarkjának is nevezik (lásd főelemek, nyomelemek).

faktoranalízis: a többváltozós adatfeldolgozó módszerek egyike. Alapfeltevése, hogy a megfigyelt (tapasztalati) változók viszonylag kevés, közvetlenül nem mérhető tényező (esetünkben földtani folyamat) eredményei. Ezeknek az úgynevezett közös faktoroknak a meghatározásával egyszerűsíti a modellt, megkönnyíti az áttekintést és lehetőséget teremt több, gyakorlati feladat megoldására.

fonolit: gyakori, alkáli (azaz káliumban és nátriumban gazdag) vulkáni kőzet.

főelemek: a földkéreg felső részének felépítésében az 1 % gyakoriságot meghaladó 8 elem (oxigén, szilícium, alumínium, vas, kalcium, nátrium, kálium, magnézium).

geokémiai anomália: egy vagy több elemnek a kőzetekben, üledékekben, talajban, vízben, vagy a növényzetben észlelt olyan koncentrációja, amely szignifikánsan több, mint az adott, vizsgált területen szokásos és a geokémiai háttérre jellemző átlagos mennyiség.

geokémiai csapda: olyan, az áramló folyadék (gáz) útját nagy mértékben elzáró kőzettest, amely azzal — tőle radikálisan eltérő összetétele folytán — reakcióba lép. A kölcsönhatás folyamatában az áramló közegből egyes alkotók kicsapódnak, és helyükbe a csapdázó kőzetből más komponensek oldódnak ki. A geokémiai csapda speciális esete, amikor a vizes oldat nem a befogadó kőzettel, hanem az abba más irányból/módon bekerülő másik folyadékkal lép reakcióba.

geokémiai háttér: egy adott terület geokémiai környezetét a földtani-kőzettani felépítés alapján az elemek átlagos gyakorisága, világátlaga segítségével csupán becsülni lehet. A konkrét, alkalmazott geokémiai vizsgálatok célja az elemek helyi gyakorisági értékeinek, azaz a geokémiai háttér meghatározása. A háttér tehát egy adott elem koncentrációinak a vizsgált területen ill. képződményben, a mintázási közegtől (kőzet, talaj, növényzet, víz) függően várható tartománya. A természetes eredetű geokémiai háttér az adott körülmények közötti normális érték.

geokémiai nagytáj: olyan, több ezer, több tízezer km² -es, összefüggő vagy legalábbis analóg földrajzi helyzetű területi egység, amelyben valamely elem/elemcsoport a környezeténél jóval nagyobb (vagy kisebb) mennyiségben fordul elő.

geokémiai térkép: változó nagyságú (km² – több ezer km²) területre vonatkozó, hálózatos vagy szabálytalan térközű mintázás geokémiai adatainak (elemek, elemcsoportok) esetenként a földtani információkkal együttes megjelenítési módja. A geokémiai térképeket pl. az ásványi nyersanyagkutatás és a környezeti geokémia hasznosíthatja.

geomedicina: több tudományág együttműködését igénylő vizsgálatok, amelyek nagy területeken keresnek összefüggéseket a terület földtani felépítése, az ebből következő geokémiai jellegzetességek és az egyes betegségek megjelenése között. (Epidemiológusok, egészségügyi statisztikusok, élelmiszervegyészek, mezőgazdászok,

geológusok stb. együttműködő kutatásai. Elégtelen jódbevitel, nagy F-, As-tartalmú ivóvizek, Se-hiány stb.)

gyakorisági görbe: az alapadatok legkisebb és legnagyobb értéke közti terjedelmet egyenlő hosszúságú osztályközökre osztjuk, majd meghatározzuk az egyes osztályokba eső megfigyelések (pl. koncentrációértékek) számát — ezek az osztálygyakoriságok, amiket a hisztogramok álló téglalapokkal jelenítenek meg.

határérték (KTM): **A:** a tisztának tekintett, környezetvédelmi funkcióit teljes mértékben teljesítő föld minőségének jellemzésére használt határkoncentráció; **B:** jogszabályban vagy hatósági határozatban meghatározott szennyezettségi határérték, amelyet meghaladó érték esetén a többi környezeti elemre a szennyező anyag mennyisége veszélyeztetésnek minősül, egyben a bírságolás alsó határa; **C:** jogszabályban vagy hatósági határozatban meghatározott szennyezettségi határérték, amelyet meghaladó érték esetén a többi környezeti elemre a szennyező anyag mennyisége veszélyeztetésnek minősül, egyben a bírságolás alsó határa; **C₁** — fokozottan érzékeny területek; **C₂** — érzékeny területek; **C₃** — kevésbé érzékeny és egyéb területek.

környezetgeokémia: a toxikus elemek és vegyületek felhalmozódását és mozgását vizsgálja. Környezetünket természetes és antropogén hatásból egyaránt érheti terhelés ill. szennyeződés. A nehéz elemek (pl. As, Bi, Cd, Hg, Pb, Sb, Se) a természetben általában kis mennyiségben fordulnak elő, a nagy koncentrációjú lokális szennyeződések az emberi felhasználás, mesterséges dúsítás nyomán jöhetnek létre (pl. Hg, As, Pb). Számos természetes földtani képződmény (bitumenes pala, fekete pala, kőszén, tőzeg, ércesedett vulkáni kőzetek stb.) eredeti sajátossága a figyelemre méltóan nagy nyomelemtartalom. Részletes vizsgálatokkal nyomon követhető a nehéz elemek útja ill. felvétele a talajból és a vízből (tápláléklánc).

környezeti terhelés, kritikus terhelés: egy vagy többféle szennyező anyag meghatározott koncentrációja, értéke, amely alatt a környezetben káros hatás nem jelentkezik. Kifejezi, hogy egy adott szennyeződést az élővilág mennyire tud károsodás nélkül elviselni.

nemparametrikus eljárások: azok a statisztikai módszerek, amelyek nem az elsődleges változók (mért) értékeit dolgozzák fel, hanem egységes szerkezetű, származtatott változók (például rangsor) vagy minőségi kategóriák különbözőségeit vizsgálják.

nyomelemek: a földkéreg felső részének felépítésében az 1 %-os átlagos gyakoriságot el nem érő elemek. Egyik csoportjuk önálló ásványokat és érceket alkot — mint pl. az ólom és a réz — másik csoportjuk többé-kevésbé egyenletes eloszlású (pl. rubídium, gallium).

toxicitási küszöb: a mérgező anyag azon, viszonylag kis koncentrációja (tűrészhatár), amely alatt tartós hatás esetén sem, ill. az a nagyobb koncentráció, amelynél egyszeri, rövid behatásra sem jelentkezik az élő szervezetnél heveny mérgezési tünet.

többváltozós adatfeldolgozó módszerek: olyan statisztikai módszerek, amelyek a változókat nem párosával, hanem nagyobb csoportokban vetik össze.

Esszenciális és toxikus elemek

Az élő szervezetek rendkívül összetett felépítésének szükségszerű folyamánya, hogy normális életműködésükhöz valamilyen — ha mégoly minimális — mennyiségben szinte valamennyi, a természetben előforduló elemre szükségük van. Évről évre újabb és újabb elemekről bizonyosodik be, hogy kis mennyiségben létfontosságúak. Ha e kis mennyiség sem áll rendelkezésre, az adott elem fajtájától függő hiánybetegségek lépnek fel.

1. táblázat

Az élő szervezetek számára alapvetően szükséges elemek

Alapvetően fontos az élőlények számára	Alapvetően fontos az élőlények számára	Alapvetően fontos legalább több faj számára	Alapvetően fontos egy faj számára	Fontossága csak egy-két esetben bizonyított, tisztázatlan
Hidrogén (H)	Szilícium (Si)	Bór (B)	Lítium (Li)	Rubídium (Rb)
Szén (C)	Vanádium (V)	Fluor (F)	Alumínium (Al)	Ón (Sn)
Nitrogén (N)	Kobalt (Co)	Króm (Cr)	Nikkel (Ni)	
Oxigén (O)	Molibdén (Mo)	Bróm (Br)	Stroncium (Sr)	
Nátrium (Na)	Jód (I)		Bárium (Ba)	
Magnézium (Mg)				
Foszfor (P)				
Kén (S)				
Kálium (K)				
Mangán (Mn)				
Vas (Fe)				
Réz (Cu)				
Cink (Zn)				
Szelén (Se)				

A fenti táblázatban nem szereplő elemek többségének gyaníthatóan szintén van valamiféle élettani szerepe, de olyan kevés kell belőlük, hogy hiányuk gyakorlatilag sosem érzékelhető. Valamennyiükre igaz azonban, hogy túladagolásuk kártékony, egy — az élőlény fajtájától függően más és más — koncentráció felett elsöprő többségük mérgezővé válik.

Hazánkban az egy-egy területről rendelkezésre álló földtani ismeretek gyarapodásával az alkalmazott geokémiai kutatások jelentősége és szerepe az ércutatástól egyre inkább az [agrogeokémia](#) és a környezetvédelem, [környezetgeokémia](#) felé tolódik el.

E gyakorlati tudomány hazai művelői — pontosabban Intézetünk — számára kormányrendelet is meghatározza a kötelezően elvégzendő teendőket. Ezek sorában megtaláljuk a geokémiai vizsgálatokat, a geokémiai környezetállapot, az [alapszintek](#) és anomáliák meghatározásának igényét, az egészségvédelemmel kapcsolatos kutatásokat és vizsgálatokat ([geomedicina](#)). Mindezek ellátásához alapvető, hogy Intézetünk működtesse a megfelelő laboratóriumokat, és azokban hiteles méréseket végezzen.

Mindeme feladatok sikeres ellátására az utóbbi tíz év műszaki fejlesztései teremtettek lehetőséget. Korábban ugyanis a magyar földtan nem rendelkezett olyan műszerekkel, amelyekkel a környezeti illetve ércföldtani szempontból fontos elemek legtöbbször kellő pontossággal és érzékenységgel, nagy

sorozatokban meg tudták volna határozni. Következésképpen Magyarország területét bemutató geokémiai térkép eddig nem készült, mert nem is készülhetett.

2. Geokémiai térképezés a Magyar Állami Földtani Intézetben

Az Országos Geokémiai Felvételek téma két, párhuzamosan futó kutatási iránya:

1. Magyarország (áttekintő) geokémiai atlaszának összeállítása és
2. A hegyvidéki területek geokémiai térképezése.

Mindkettőt olyan módszeregyüttessel kezdtük, amely nem csak az alapszint értékek meghatározását teszi lehetővé, de egyúttal megbízható képet nyújt a [környezeti terhelés](#) mértékéről és az esetleges ércesedések perspektíváiról is. (Így — a hegyvidéki felvétel jelentős eredményeként — találtuk meg pl. a Zempléni hegységben a koromhegyi és a Mád–királyhegyi aranydúsulásokat.)

Magyarország geokémiai térképsorozatának elkészítésével az volt a legfontosabb célunk, hogy felszíni környezetünkre és számos nyomelemre jellemző [geokémiai háttér](#) (alapszint) értékeket határozzunk meg, amelyek alkalmasak arra, hogy a különböző kutatásokban referencia jellegű, azaz viszonyítási értékeként szerepelhessenek. Így segítheti a földtan (geokémia) a talajokban és általában a környezetben megismert, esetenként nagy koncentrációk értelmezését és megítélését. A talajban lévő nyomelemek hatása ugyanis a természetett növényeken s a táplálékláncon keresztül az emberig ér!

2.1. Az áttekintő geokémiai térképezés alapelvei

1. Magyarország geokémiai atlaszát a FOREGS (Forum of European Geological Surveys, az európai országok földtani intézeteinek együttműködési szervezete) ajánlásai szerint, új, eddig nem alkalmazott mintavételi közeg, az ártéri, finomszemű üledékek vizsgálatával végeztük el. Ha egy területről geokémiai térképet akarunk készíteni, az elvileg igen sokféle mintával (pl. kőzet-, talaj-, víz) megoldható. De nagyon fontos az a körülmény, hogy egy adott minta mennyire jellemző környezetére (mennyire reprezentatív); egy ilyen jellegű országos feladatot hány mintával és milyen költséggel lehet megoldani.

Megpróbáljuk röviden és vázlatosan összefoglalni a munka elvi megalapozását, kiindulási alapelvét, bemutatni, melyek a finomszemű ártéri üledékek azon, legfőbb jellemzői, amelyek alapján alkalmasak lehetnek arra, hogy adataikat nagy területre terjesszük ki.

A finomszemű ártéri üledékek egy adott vízgyűjtő felszíni képződményeinek átlagos összetételét reprezentálják. Ez képződési mechanizmusukból következik, ugyanis az [aréális erózió](#) révén anyagukhoz a vízgyűjtőnek valamennyi, a felszínen lévő földtani képződménye hozzájárul — így hát viszonylag kevés mintával nagy területeket jellemezhetünk. Az ártéri üledékek ill. azok különböző szintjei arra is alkalmasak, hogy bemutassuk a jelenlegi — esetenként szennyezett — és az eredeti, természetes üledékképződési környezetet. Az eredeti háttér a felszín alatti, mélyebb szintek jellemzői.

Ezért tehát minden mintavételi helyen két minta gyűjtése ajánlatos: az egyiket a felső 10 cm-ből, a másikat pedig az 50–60 cm mélységből célszerű begyűjteni. Ez utóbbiról feltételezzük, hogy összetétele megközelíti az eredeti és természetes állapotot: a több száz évvel ezelőtti, az üledék lerakódásakor jellemző lepusztulási folyamatok eredményét mutatja be. Az emberi tevékenység hatása (ipari, mezőgazdasági — lokális és regionális szennyeződések) a szelvény felső 10 cm-ének anyagában tükröződik. Természetesen ehhez a rendkívül kis koncentrációkat is megbízhatóan kimutató analitikára van szükség, főként a szennyezettséget érzékenyen mutató elemek (pl. Cd, Hg, As) vizsgálata során.

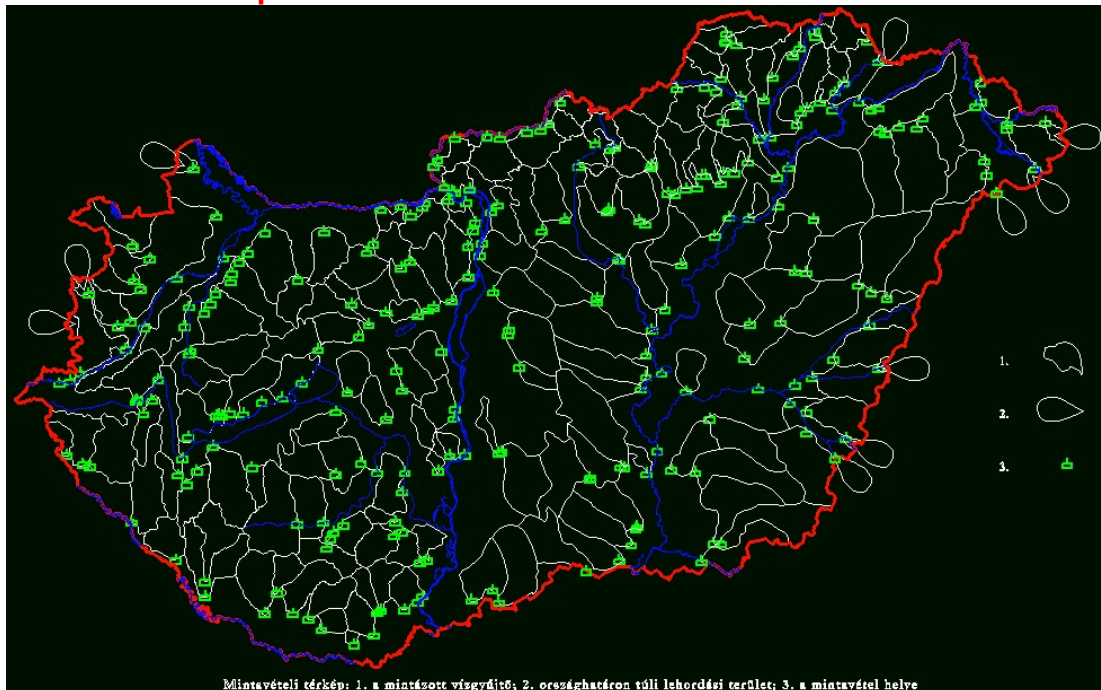
Az ország területét a természetes vízvázlatok mentén "foltokra", "cellákra" osztottuk, és egy mintával kb. 400 km²-nyi területet jellemzünk. A "cellák" kifolyási pontjában gyűjtöttük a mintákat, összesen 2 x 196-ot. Ez a mintasűrűség csak a legáltalánosabb tendenciák kimutatását teszi lehetővé.

2. A hegyvidéki területek további részletező geokémiai térképezését a patakokban jelenleg szállított hordalék (az úgynevezett [allúvium](#)) vizsgálatával végeztük. Ez az előzőnél mintegy két nagyságrenddel részletesebb munka: a mintázott vízgyűjtők átlagos mérete kb. 4 km². Ennek eredményeit külön mutatjuk be; jelen összeállításunkban csak a Börzsöny-Pilis-Budai hegység higany eloszlását ábrázoljuk a környezeti terhelés leírásánál (5. fejezet).

2.2. Terepi mintagyűjtés, laboratóriumi vizsgálatok

A munkát azzal kezdtük, hogy térképen elkülönítettük a mintázandó vízgyűjtőket, "cellákat". Megterveztük a mintaelőkészítést, biztosítottuk a minták egységes kezelését (szárítás, törés, szitálás, súlycsökkentés stb.). A terepi munkákat 1991-ben és 1992-ben végeztük el, a laboratóriumi vizsgálatokhoz szükséges előkészítést 1993. tavaszán fejeztük be.

Mintavételi térkép



A terepen kb. 60 cm x 30 cm-es alapterületű és 60 cm mély gödröket ástunk. A felső minta (0–10 cm) gyűjtésekor a talajt megtisztítottuk a gyökérmaradványoktól. Az egyes szintekből kb. 5–5 kg hordalékot gyűjtöttünk. A fellazított anyagot 0.125 mm szemcsenagyság alá szitáltuk. A homogenizált mintarészből készültek az elemzések. A megbízhatóság növelése érdekében valamennyi mintát két laboratóriumban (a Magyar Állami Földtani Intézet és a Budapest Fővárosi Növényegészségügyi és Talajvédelmi Állomás laboratóriumaiban) vizsgáltattuk. A kétféle elemzés jól egyezik. A MÁFI laboratóriumában összesen 478 mintát vizsgáltunk, beleértve nagyobb folyóink ártéri üledékeit és az ellenőrző mintákat is. A laboratórium az egyes alkotókat meleg királyvizés feltárásból, ICP-OES, ICP-hidrid és atomabszorpciós módszerekkel határozta meg (lásd [analitikai módszerek a geokémiában](#)).

3. Magyarország Geokémiai Atlasza

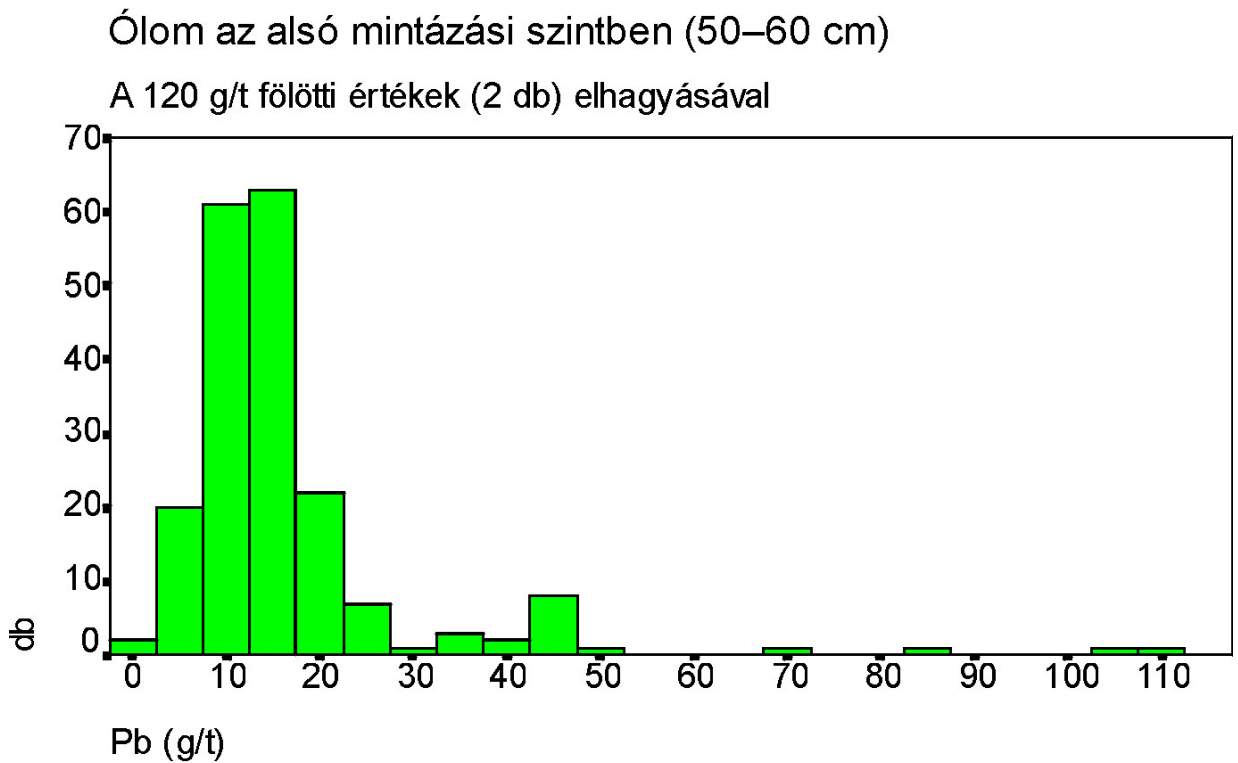
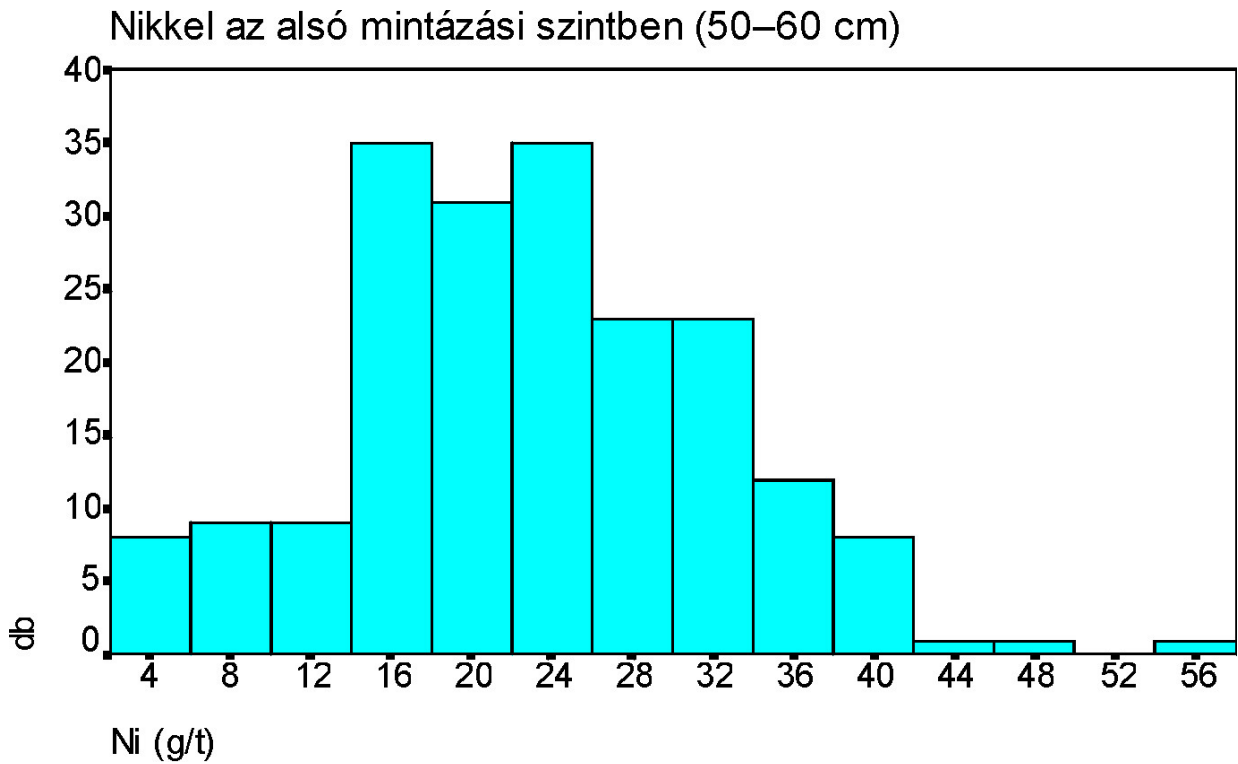
A vizsgált elemek illetve ionok: Ag, (Al), As, Au, B, Ba, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, (Fe), Hg, (K), Li, Mg, Mn, (Mo), (Na), Ni, Pb, (PO₄), (Sb), Sr, (SO₄), (Ti), Zn (továbbá az izzítási veszteség). Ezek közül a zárójelbe tett alkotók térképeit e helyütt nem mutatjuk be. Minden elemről két térképváltozat készült: az alsó minta (50–60 cm) alapján az alapszint értékek és a felső minta (0–10 cm) szerint a regionális környezeti terhelés bemutatására. Jelen tájékoztatónkhoz az alsó mintázási szint térképeit és a környezeti terhelés összesített eredménytérképét csatoltuk.

3.1. Hogyan határoztuk meg a geokémiai anomáliákat?

Az alapszint (várható érték) többnyire jelentősen különbözik az elemzési eredmények számtani átlagától (és a szórás sem használható a változékonyság jellemzésére), mivel a földtani képződményekről kapott elemeloszlási görbék csak a legkritább esetekben szimmetrikus lefutásúak. Éppen ezért minden mérőszámot a korszerű, [nemparametrikus eljárások](#) segítségével határoztunk meg.

A geokémiai anomáliákat a háttértől [gyakorisági görbe](#) (hisztogram) segítségével különíthetjük el. Az anomáliamentes hisztogram többé-kevésbé normális kinézetű, azaz haranggörbe jellegű. Ha valamilyen elem egyes mintákban anomális (rendellenesen nagy) mennyiségben fordul elő, a görbén második (harmadik stb.) gyakorisági maximum jelenik meg.

A KÉT HISZTOGRAM (anomáliamentes és kétmaximumos)



Az ólom eloszlási görbájén a jól kirajzolódó két gyakorisági maximum (a 0–30 g/t és a 30–60 g/t értéktartományban) fölötti kiugró értékek (6 db) a potenciális környezeti terhelés területeit jelzik számunkra. Ennek megfelelően a térképi kategóriák határait a 60, 30 illetve — a háttér tagolása érdekében — a 10 g/t-nál vontuk meg. Mint a térképen látható, a 10 g/t alatti értékek leginkább a közép-magyarországi talajmeszesedés zónájában fordulnak elő, jelezve, hogy maga a "háttér" sem homogén: a várható érték az egyes nagytájakon más és más.

A továbbiakban a felvétel és az elemzések alapján bemutatunk néhány geokémiai mozaik-térképet. Az esetek többségében a felső szintben több káliumot, ólmot, foszfátot, szulfátot (és cinket), az alsóban több alumíniumot, báriumot, vasat (arzént és bórt) találhatunk. A természetes változékonyság a legtöbb elem esetében az alsó szintben nagyobb. Az egyes térképeken határozott tendenciák rajzolódnak ki.

Arzén (As)

Természetes előfordulása

A földkéregben 0,0002 %-nál kisebb mennyiségben van jelen. Anionként és kationként is számos ásvány összetételében szerepel, többnyire a kénnel együtt. Legfontosabb ásványa az arsenopirit. Bár önálló — pontosabban, a higannyal és/vagy az antimonnal közös — lelőhelyei is vannak, a világtermelés javát az arany-, réz-, cink- ólom- és kobaltbányászat melléktermékeként nyerik ki. (A kőzetek és talajok As-tartalmát lásd a főmenü 1. és 2. táblázatában, valamint: [A talajok magyarországi és világtalagainál](#)).

Néhány természetes közeg arzéntartalma:

kőszén 5–45 g/t, (pernye, korom kb. 440 g/t-ig)

kőolaj 0,2–0,3 mg/liter

folyóvíz átlag 1,7 μ g/l

tengervíz átlag 3,7 μ g/l

ásványvizek 1–190 μ g/l

Az ivóvíz megengedett As-tartalma 50 μ g/l; várható, hogy ezt néhány éven belül, a WHO ajánlásának megfelelően 15 μ g/l-re csökkentik. Az arzénos ivóvíz komoly környezeti probléma Magyarországon: az Alföld ivóvízkútjainak mintegy harmada 15 μ g/l fölötti arzéntartalmú vizet ad. A levegő As-tartalma (európai átlag): 16 ng/m³.

Élettani szerepe

Az arzén és vegyületei erősen toxikusak. Sejtmérgező, rákkeltő, mutagén hatásúak.

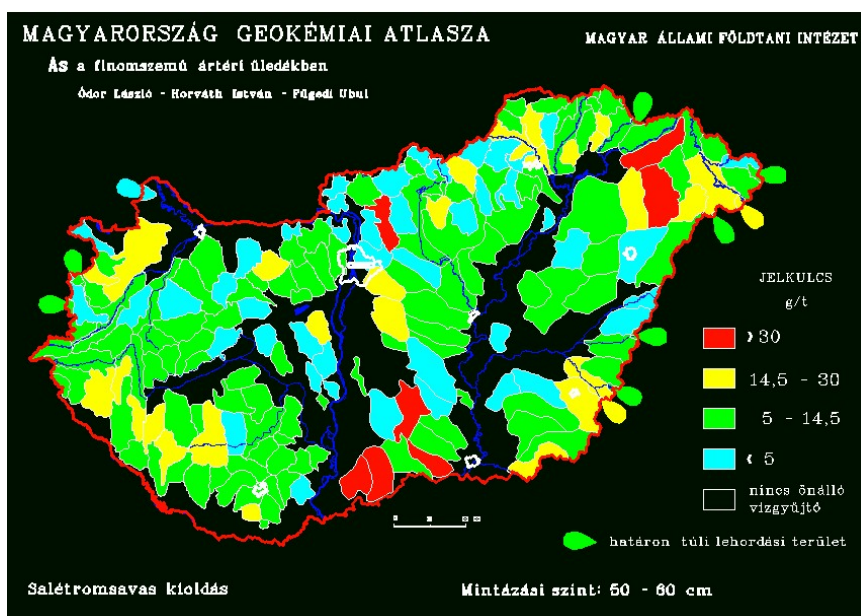
A növények — fitotoxikus hatása miatt — viszonylag kevés arzént tartalmaznak, így a gabonafélék kb. 0,04 g/t-t (szárazanyagra számítva).

Állati szervezeteknél hasonló a helyzet: pl.

édesvízi halak 0,15–0,38 g/t (élő súlyra számítva)

tej < 0,15 mg/l

Az emberi szervezet számára elviselhető (táplálékkal és egyéb módon felvehető) napi As-bevitel megengedett értéke Belgiumban 10,8 μ g, az USA-ban 19 μ g.



Kadmium (Cd)

Természetes előfordulása

Igen ritka elem, a földkéregbeli előfordulási aránya 10^{-5} % nagyságrendű. Leggyakrabban a cinket, ritkábban az ólomot helyettesíti azok ásványaiban — a Zn/Cd arány csaknem mindig a 350 és 800 közötti tartományban marad. Legismertebb önálló ásványa a ritkaságnak számító greenockit (CdS); általában cink- és ólom- (ritkábban: ón-) ércekben található, néhány %-nyi mennyiségben. A Zn-kohászat melléktermékeiből nyerik ki. (A kőzetek és talajok Cd-tartalmát lásd a főmenü 1. és 2. táblázatában, valamint [A talajok magyarországi és világátlagainál](#).

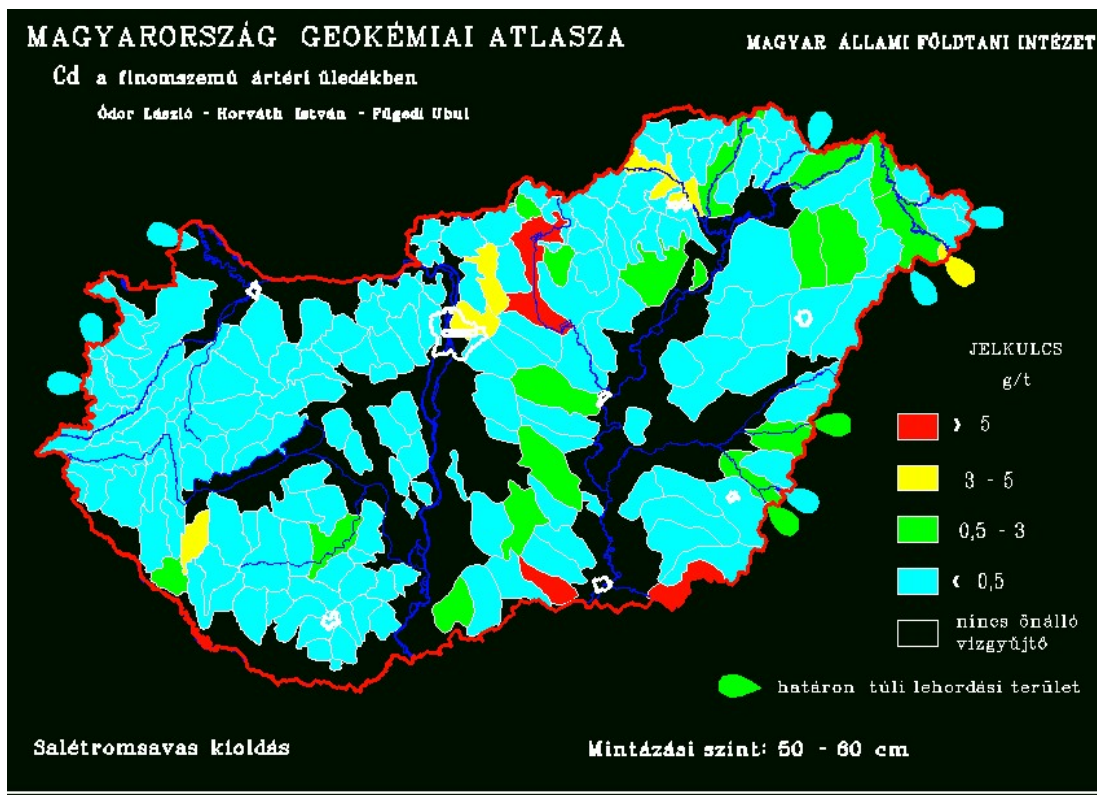
Ivóvízben megengedhető koncentrációja $5 \mu\text{g/l}$.

Élettani szerepe

A Cd legfőbb veszélye, hogy képes helyettesíteni az esszenciális cinket, annak jótékony élettani hatása nélkül. Mivel erősen toxikus, a Zn helyébe beépülve súlyos károsodásokat okoz.

Mivel a növények sokáig elviselik a magas Cd-tartalmat, a Cd könnyen bekerülhet az állati és emberi táplálékláncba jóval azelőtt, hogy maguk a növények láthatóan károsodnának.

Az emberi és állati szervezetben a Cd felhalmozódik, így krónikus toxicitást fejt ki. Az emberek számára külön Cd-forrás a dohányzás, ami az akkumulációt is erősíti (folyamatos Cd-felvétel). A krónikus Cd-toxicitás tünetei közül megemlíthető a szív- és veseelégtelenség, a magas vérnyomás.



Króm (Cr)

Természetes előfordulása

Viszonylag gyakori elem, a földkéreg anyagának kb. 0,01 %-a. Fémek formájában csak meteoritokban található, döntően vegyületeiben fordul elő. Egyetlen érce a krómvasérc (ebben vasoxid, krómoxid, mangánoxid, alumíniumoxid változó arányban szerepel).

A talajban főleg Cr/III/-sók fordulnak elő, mivel a Cr/VI/ a szerves anyagokat oxidálva, vegyületenként más-más sebességgel Cr/III/-má redukálódik.

(A kőzetek és a talajok Cr-tartalmát lásd a főmenü 1. és 2. táblázatában, valamint [▲ talajok magyarországi és világátlagainál](#).)

A felszíni vizekben 5–10 µg/l mennyiségben fordul elő, ez nagy keménységű vizekben 20 µg/l -ig nőhet. Az ivóvízben megengedett határérték 50 µg/l.

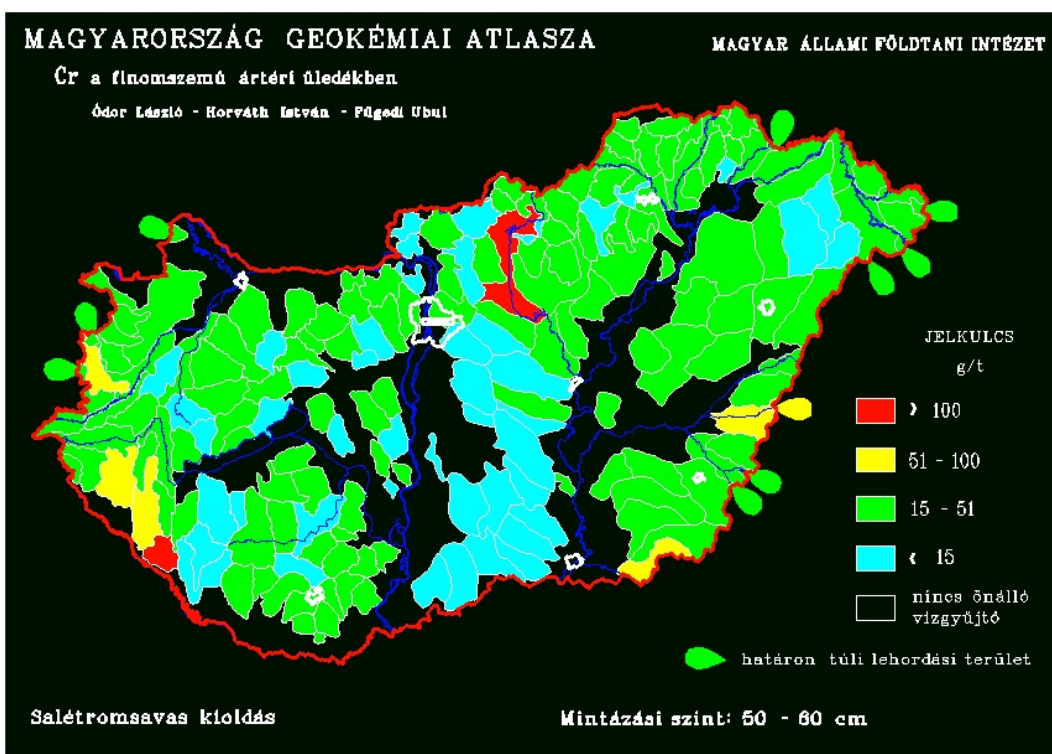
Vidéki levegőben mennyisége kb. 10 ng/m³, városokban ennek akár több, mint 15-szöröse is lehet.

Élettani szerepe

Esszenciális szerepe nem ismeretes. Fiziológiai szempontból jelentős különbség van a kationos Cr/III/ és az anionos Cr/VI/- formák között: a Cr/VI/ kb. százszor mérgezőbb a Cr/III/-nál, így rá mindenhol külön, jóval szigorúbb határértékeket állapítanak meg.

Növényeknél Cr-hiánybetegséget nem ismerünk.

A növények a Cr/III/-at és a Cr/VI/-ot egyaránt képesek felvenni, így Cr-tartalmukat a talajban lévő Cr-formák milyensége és aránya nem befolyásolja.



Higany (Hg)

Természetes előfordulása

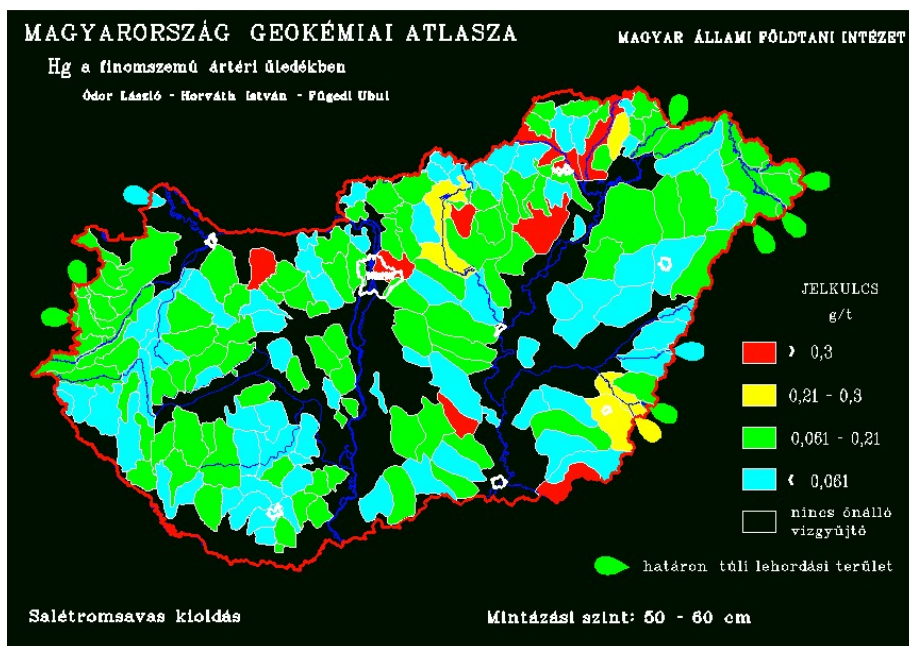
Egyike a legritkább elemeknek: előfordulása a földkéregben kb. $2,7 \times 10^{-6}$ %. Legismertebb ásványa a cinnabarit (HgS). Az elemi higany kis cseppecskék formájában előfordul a cinnabaritos ércekben is, a földkéreg teljes higanytartalmának mintegy 90 %-a azonban a pórus- és kapilláris vizekben oldott formában van jelen. A természetben mobilis, a szerves anyagokon adszorbeálódik. Szerves vegyületei rendkívül mérgezőek. A törésvonalak mentén a kőzetekben és a talajban megnő a Hg-tartalom (főmenü, 5. fejezet). Szoros geokémiai kapcsolatban áll a nemesfémekkel és a hidrotermális érctelepekkel, amelyek körül kiterjedt szóródási udvarokat alkot. Többnyire az arzénnel és az antimonnal, ritkábban a volfrámmal vagy az arannyal közös lelőhelyekről bányásszák. (A kőzetek és a talajok Hg-tartalmát lásd a főmenü 1. és 2. táblázatában, valamint [A talajok magyarországi és világtárgainál](#)).

A növényi hamu átlagosan 0,01 g/t Hg-t tartalmaz.

Az édesvizek átlaga: 0,07 μ g/l: szennyezetlen folyóvizekben 0,0001–1 μ g/l, a szennyezett folyók vizében > 1 μ g/l. Az ivóvízben megengedhető max. koncentrációja 1 μ g/l. Az óceánok vizében a felszínhez közel 10–30 ng/l, a mélységekben 70–1100 ng/l. A levegő átlagosan 3 ng/m³ Hg-t tartalmaz, a nagyvárosokban 5–50 ng/m³ értékeket mérnek. Egyes növények átlagos Hg-tartalma (szárazanyag): gabonafélék — 0,2–16, zöldségek: 0,7–36 g/t.

Élettani szerepe

Felszínközeli viselkedését nagy mértékben befolyásolja a metiláció, amely számos nehézfém toxicitását eredményezi ill. növeli meg. A metilhigany (CH₃Hg⁺) kb. 0,1–1,5 %-át adja az üledékek, kb. 2 %-át a tengervíz Hg-tartalmának, de mintegy 80 %-át a halakban lévő összes Hg-nak (főleg a nagy testű ragadozóknál halmozódik fel).



Ólom (Pb)

Természetes előfordulása

A földkéregben 0,0016 %-ban található (tehát ritkább, mint pl. a Li, Sr, V). Ennek ellenére kb. 5 000 éve ismert és használt fém, mivel igen koncentráltan és jól feldolgozható ércekben jelenik meg. Legismertebb érce a galenit (ólomszulfid). Felhalmozódásai főleg az utóvulkáni folyamatokhoz kötődnek. (A kőzetek és a talajok Pb-tartalmát lásd a a főmenü 1. és 2. táblázatában, valamint [A talajok magyarországi és világszerte](#) (CLICK6.DOC).)

Mennyisége a tengervízben $< 1 \mu\text{g/l}$, az esővízben $8\text{--}35 \mu\text{g/l}$. Ivóvízben megengedett határértéke hazánkban $50 \mu\text{g/l}$.

Néhány adat az élőlények, élelmiszerek ólomtartalmára:

édesvízi halak $0,073 \text{ g/t}$ testsúly

húsfélék $0,04 \text{ g/t}$

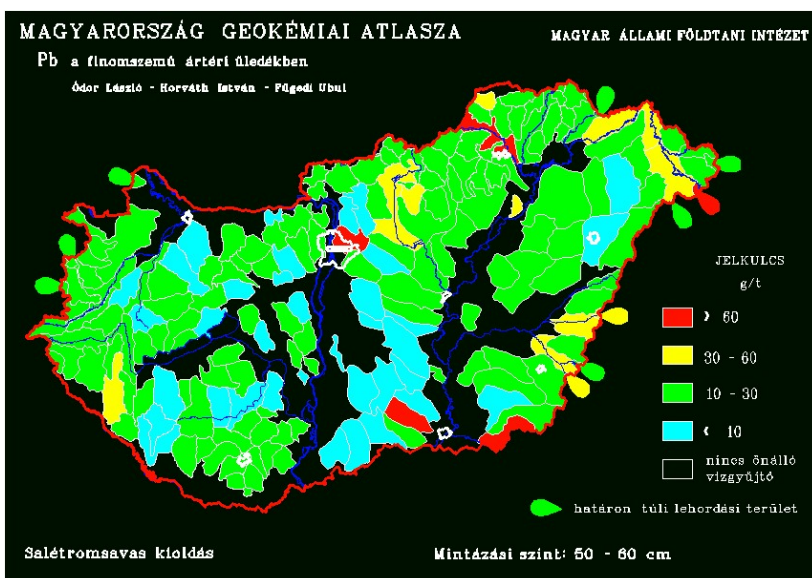
tej $0,006 \text{ g/t}$

A levegő ólomtartalma $0,1\text{--}3 \mu\text{g/m}^3$, nagy forgalmú utak mentén $20\text{--}40 \mu\text{g/m}^3$. Kecskemét térségében pl. a levegőből évente mintegy $1,1 \text{ mg/m}^2$ Pb ülepszik ki.

Élettani szerepe

Az ólomnak sem esszenciális, sem egyéb előnyös élettani hatása nincs: egyértelműen toxikus elem. Általában a nehézfémekre érzékeny molekuláris részeket blokkolja, de számos más káros hatása is ismert (endokrin- és neuro-toxicitás, rákkeltő hatás stb.).

Mivel a talajban döntő többsége szorpciós komplexekben kötött ill. oldhatatlan vegyületekben van jelen, a növények számára felvehető Pb-tartalom elég alacsony. Különösen érzékenyek az ólomra a gabonafélék. A levegőből származó Pb általában a növények felszínén marad. Így magára a növényre kevésbé hat, de legeltetésnél sok ólom juthat az állati (és ezen keresztül az emberi) táplálékláncba. A melegvérű állatok (s így az ember) szervezetében az ólom felhalmozódik és idült mérgezéseket okoz. Tünetei pl. a gyomor- és bélgörcsök, izomfájdalom és görcsök, étvágytalanság, legyengülés, májkárosodás.



Bárium (Ba)

Természetes előfordulása

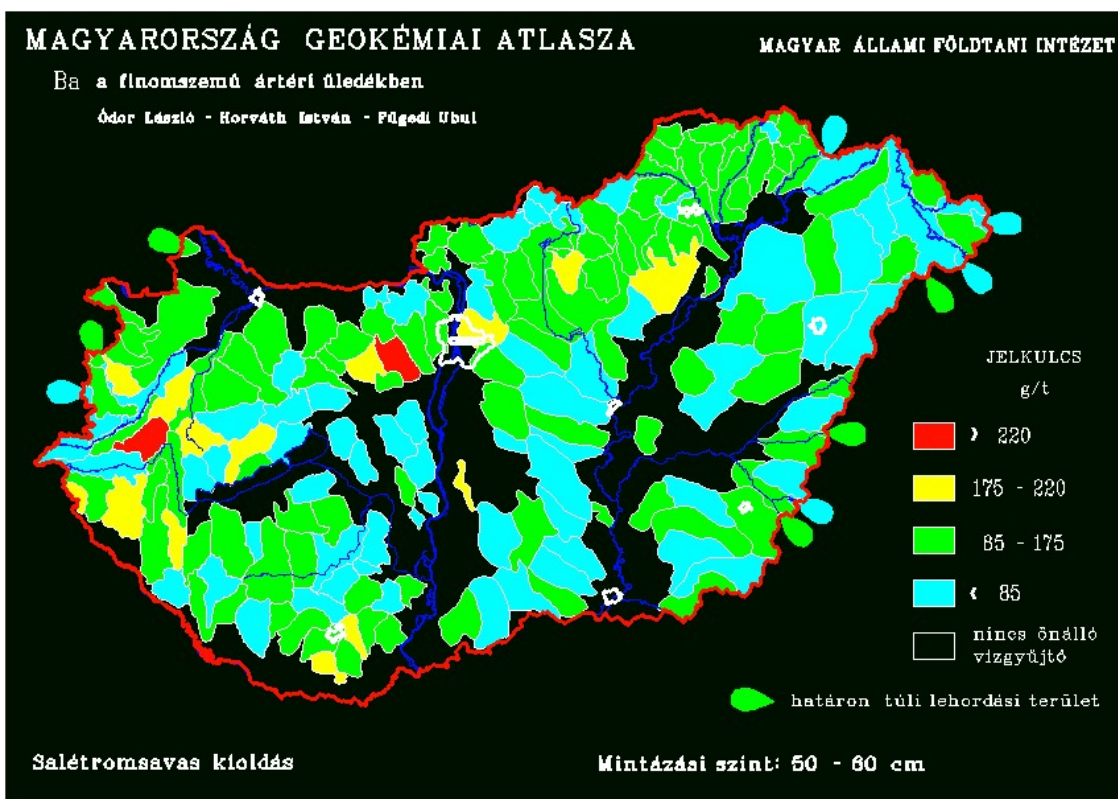
Elemi állapotban a természetben nem található. Szulfátja (BaSO_4) — a súlypát vagy barit — jól ismert pl. a mészkövek üregeiben és a hidrotermális keletkezésű érces erekben. Nyomokban a legtöbb talajban megtalálható. A Ba a természetben közepesen mozgékony; mozgékonyágát a barit oldhatósága szabja meg. A witherit (BaCO_3) gazdasági jelentősége alárendelt.

(A kőzetek és a talajok Ba-tartalmát lásd a főmenü 1. és 2. táblázatában, valamint [A talajok magyarországi és világszerte eloszlásáról](#).)

A növényi hamu Ba-tartalma: őshonos növények: 2 800 g/t; termesztett növények: 140 g/t. Az édesvizek átlaga: 20 $\mu\text{g/l}$. Az ivóvízben megengedhető max. koncentrációja: 1.0 mg/l. A tengervízben 6 $\mu\text{g/l}$ körüli a mennyisége. A zöldségekben, gyümölcsben 3–80 g/t Ba-ot találtak. A városok levegőjében átlagos koncentrációja 5 ng/m^3 .

Élettani szerepe

A bárium számos vegyülete (így pl. a bárium-klorid) erősen mérgező — ezek azonban a természetben nem fordulnak elő. Az oldható Ba-vegyületek is csak kis mértékben szívódnak fel a gyomor–bél rendszerből. A csontokban felhalmozódik, ezáltal a Ba/Sr hányados az életkorral nő.



Kobalt (Co)

Természetes előfordulása

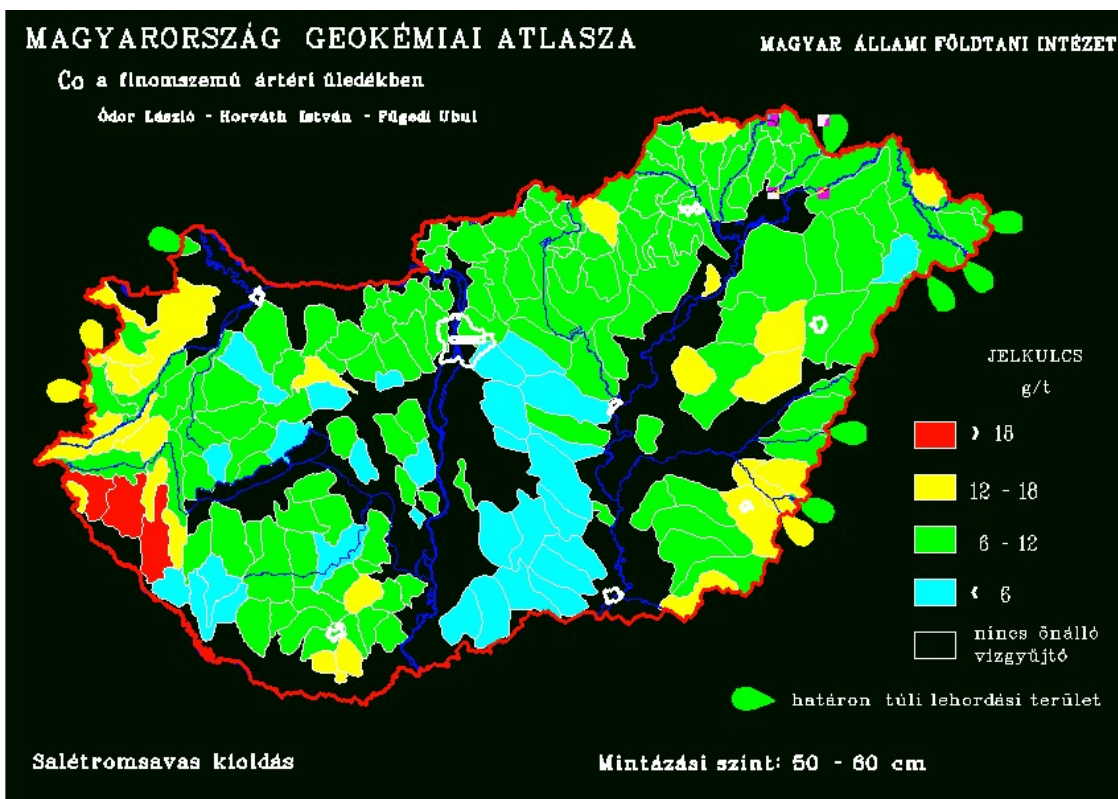
Viszonylag ritka elem, a földkéreg 0,0018 %-ban tartalmazza.

Elemi állapotban leginkább a vasmeteoritok anyagában lelhető fel (0,5–2,5 %). Érceiben a nikkellel együtt fordul elő, de annál mintegy 15-ször ritkább. Legfontosabb ércei a kobalt-nikkel-kovandok, a kobaltin és a smaltin. (A kőzetek és a talajok Co-tartalmát lásd a főmenü 1. és 2. táblázatában, valamint [A talajok magyarországi és világtalainál](#)).

Ivóvízben szokásos mennyisége 0,1–5,0 μ g/l, a természetes édesvizekben és a tengervízben még kevesebb. A levegőben koncentrációja többnyire 1 μ g/m³ alatt marad, és még ipari környezetben sem mértek 10 μ g/m³-nél többet.

Élettani szerepe

Növények számára kis mennyiségben kedvező hatású (de nem esszenciális). Általában az oxidatív anyagcserében játszik szerepet. Ha túl sok a Co, más, fiziológiailag fontos fémekkel való versengése (kompetitív hatás) okán fitotoxikus. A Co túladagolása pl. Mn- és Fe-hiányt okozhat. A növényekben a transzspirációs áramlást követi, miáltal a levelek szélein és csúcsain felhalmozódhat. Az egyes növények Co-tartalma tág határok között változik. Az állatok és az emberek számára létfontosságú: a B₁₂ vitamin esszenciális komponense. A Co-hiány általában vérszegénységet okoz. Kérődzőknél táplálkozási zavarok léphetnek fel (étvágytalanság, testsúlycsökkenés).



Réz (Cu)

Természetes előfordulása

Viszonylag gyakori: a földkéreg mintegy 0,01 % rezet tartalmaz.

Mint "félnemes" fém, az aranyhoz és ezüsthöz hasonlóan elemi állapotban is megtalálható: ez az ún. termésrész". Legnagyobb mennyiségben azonban vegyületként, különböző érceiben fordul elő. Ezek közül a legfontosabb a rézkovand (kalkopirit). (A kőzetek és a talajok Cu-tartalmát lásd a főmenü 1. és 2. táblázatában, valamint [A talajok magyarországi és világátlagainál](#)).

A tengervízben 1–3 $\mu\text{g/l}$ a szokásos értéke. A felszíni édesvizekben mennyisége 0,5–1000 $\mu\text{g/l}$ között változik; a lágy vízben több, mint a keményben (átlagban 10 $\mu\text{g/l}$). Az ivóvízben még megfelelő mennyisége 0,2 mg/l , a tűrhető 1,0 mg/l .

A szabad légtérben, kevésbé szennyezett területeken 0,03 ng/m^3 mennyiségben találjuk. Lakott területen 10–100 ng/m^3 -t mértek, de koncentrációja iparvidékeken akár 1 $\mu\text{g/m}^3$ fölé is emelkedhet.

Élettani szerepe

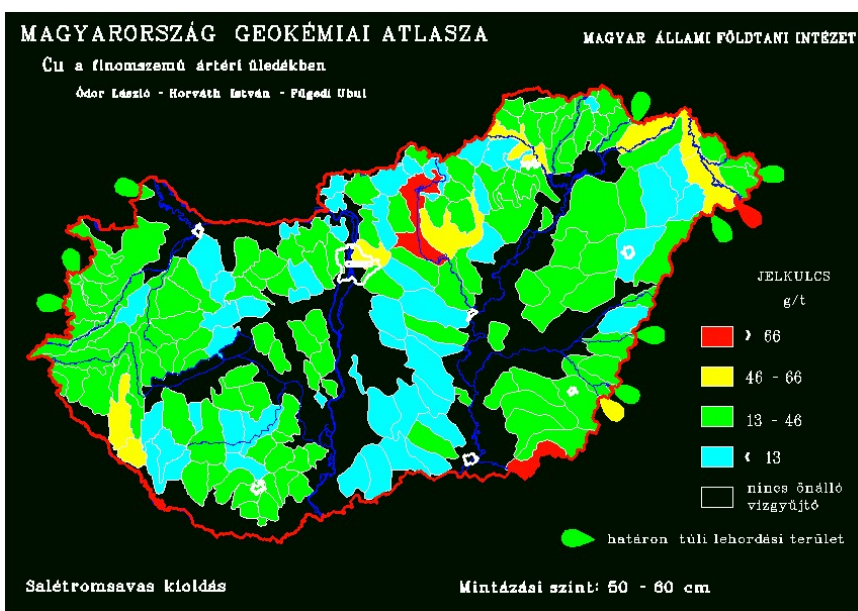
Alacsonyabbrendű szervezetek (gombák, moszatok) számára már igen kis koncentrációban is toxikus, ezért a növényvédelemben gombaölő szerként (pl.: peronoszpóra ellen) alkalmazzák.

Növényekben a klorofill szintézisét segíti elő. A talajban igen gyorsan oldhatatlan sókká alakul ill. komplex vegyületekben kötődik meg. Mivel a növények számára csak az oldható formában lévő réz vehető fel, számukra élettani problémát általában nem a toxicitás, hanem a réz hiánya jelent. Általánosságban elmondható, hogy ha a talajban 5 g/t -nál kevesebb a réz, az hátrányosan hat a legtöbb növény fejlődésére.

Az állati és emberi szervezetekben a Cu elősegíti a hemoglobin és a vörösvértestek képződését ill. az ezek hiánybetegségeinek gyógyítására adagolt Fe felszívódását.

A réz-szulfát hánytató hatású, a gyógyászatban mérgezéseknél alkalmazzák.

Emberi táplálkozásban napi 3–5 mg Cu felvétele ajánlatos.



Nikkel (Ni)

Természetes előfordulása

A földkéreg 0,0058 %-a. Vasmeteoritokban 8–9 % Ni-tartalom is előfordul. Érceiben általában kénhez, kovásvához, arzénhez vagy antimonhoz kapcsolódik. Legfontosabb ércei a pentlandit, a nikkelin és a garnierit. (A kőzetek és a talajok Ni-tartalmát lásd a főmenü 1. és 2. táblázatában, valamint [A talajok magyarországi és világátlagainál](#)).

A felszíni vizek oldott Ni-tartalma kb. 7–10 μ g/l. Az ivóvíz megengedett határértéke 50 μ g/l Ni.

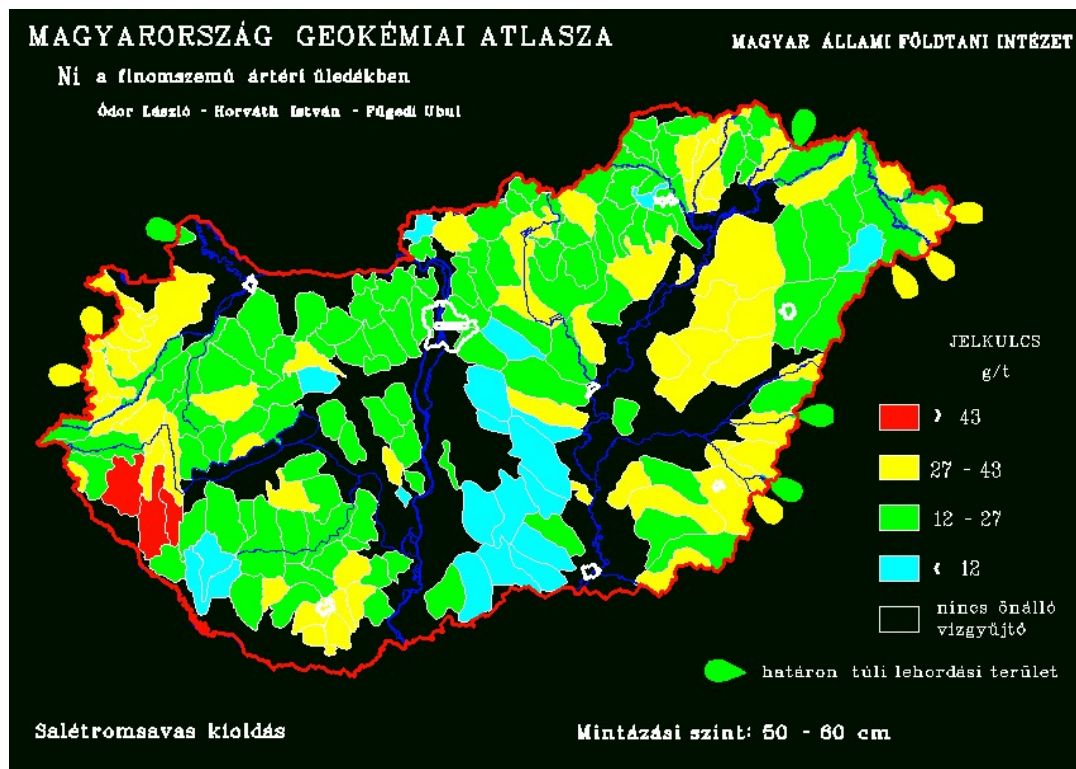
Koncentrációja a levegőben 6–25 ng/l. A levegőbe főleg a kőolaj- és széntüzelésű erőművek füstjével kerül, így mennyisége az erősen iparosodott területeken 150 ng/l-ig nőhet.

Élettani szerepe

Egyes alacsonyabbrendű szervezetek számára esszenciális, de pontos funkciója nem ismeretes.

Növényekben fiziológiai hatása hasonlít a kobaltéhoz, de annál jóval kevésbé specifikus. Kifejezett Ni-hiánybetegség nem ismeretes. Mivel a talajok Ni-koncentrációja általában alacsony, Ni-toxicitás szinte csak a szerpentinén képződött talajokon fordulhat elő (ilyesmi Magyarországon nincs). A növények Ni-fellevő képessége általában kicsi.

Állati és emberi szervezetek számára a Ni pontos fiziológiai szerepe nem ismeretes. Emberi táplálkozásban napi 200–500 μ g Ni-felvétel a szokásos mennyiség.



Cink (Zn)

Természetes előfordulása

Közepesen gyakori elem: a földkéreg 0,012 %-a.

Mivel igen reaktív, csak vegyületeiben található — termésként nem fordul elő. Legfontosabb ércei a szfalerit, a cinkpát és a kalamin. Általában az ólommal, az ezüsttel és a kadmiummal közösen bányásszák. (A kőzetek és a talajok Zn-tartalmát lásd a főmenü 1. és 2. táblázatában, valamint [A talajok magyarországi és világtalajainál](#)).

Mennyisége a tengervízben 1–27 μ g/l, a szennyezetlen édesvízben általában < 10 μ g/l. Kifolyó bányavízben mennyisége gyakran eléri a 20 mg/l-t, vezetékes vízben a cső anyagától és a víz agresszivitásától függően 10 mg/l-ig dúsulhat. Nagyobb Zn-tartalom a víznek kellemetlen ízt kölcsönöz és opaleszcenciát okoz. Ivóvízben megengedett mennyisége: 0,2 mg/l (megfelelő), 1,0 mg/l (tűrhető).

Élettani szerepe

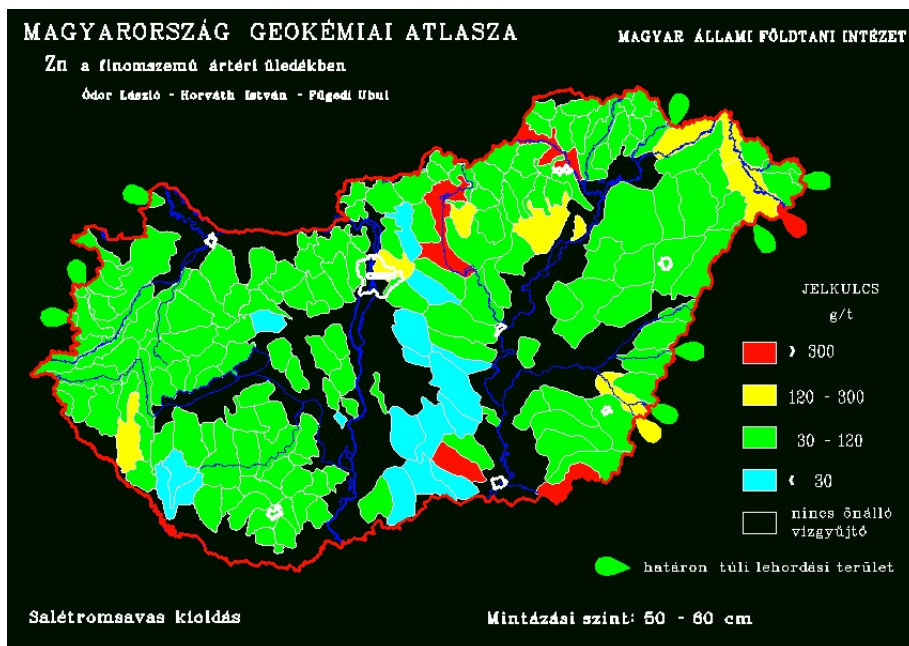
A cink mind a magasabbrendű növények, mind az állati és emberi szervezet számára esszenciális elem. Kétértékű kation (Zn^{2+}) alakban számos enzim szerkezeti és funkcionális komponense ill. aktiváló faktora.

A talajban az agyagásványok kristályrácsaiban és szorpciós komplexekben helyezkedik el.

A magas foszfáttartalom — nehezen oldható cinkfoszfát képződése miatt — csökkenti a növények számára hozzáférhető Zn mennyiségét. Felvételét és transzportját egyes nehézfémek (pl.: Cu) is gátolják.

Cinkkel kapcsolatos növényélettani problémát általában a Zn-hiány jelent. Ennek tünetei: gyenge levélnövekedés, korai levélhullás, sárgulás. Zn-toxicitás csak savanyú talajokon, igen magas (kb. 400 g/t) koncentrációnál lép fel.

Állati és emberi szervezetben a Zn-hiány növekedési zavarokkal, az étvágy csökkenésével jár. Emberi táplálkozásban napi kb. 15 mg Zn felvétele ajánlott.



A felvétel Sr-adatai és térképe

Stroncium (Sr)

Természetes előfordulása

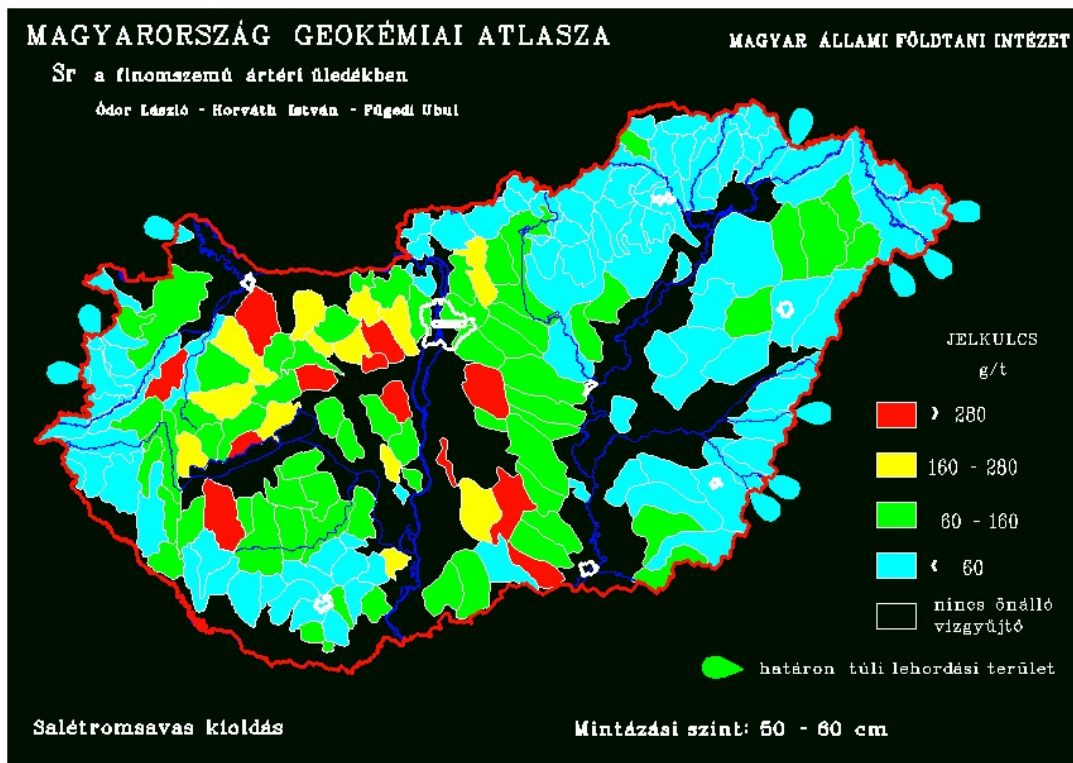
Elemi állapotban a természetben nem található. A kálium és kiváltképp a kalcium helyére épül be különféle ásványok kristályrácsába. Az alkáli kőzetekben, karbonátokban felszaporodik. Ipari jelentőségű ásványai (SrCO_3 : stroncianit és SrSO_4 : cölesztin) alacsony hőmérsékletű hidrotermális telérekben és vulkáni-üledékes összletekben jelennek meg.

Viselkedése a Ca-hoz és a Ba-hoz hasonló. (A kőzetek és a talajok Sr-tartalmát lásd a főmenü 1. és 2. táblázatában, valamint [A talajok magyarországi és világtalagainál](#)).

A növényi hamu Sr-tartalma: őshonos növények — 1800g/t; termesztett növények — 140 g/t. Édesvizekben átlaga: 400 μ g/l. A legtöbb ivóvízben 1 mg/l alatti mennyiségben van jelen.

Élettani szerepe

Nemcsak a szervetlen, de a szerves vegyületekben, ezáltal az élő szervezetekben is helyettesíti a kalciumot. Következésképp a gerincesek szervezetében főleg a csontokban halmozódik fel. A legkülönfélébb növények esetében is a termés héja tartalmazza a legtöbb Sr-ot. Túlzott felszaporodása egészségkárosító (gerinceseknél a csontok deformálódását okozza) — ez ellen fokozott Ca-adagolással védekezhetünk. Környezeti veszélyt a radioaktív ^{90}Sr jelenthet.



A talajok magyarországi és világátlagai

1. táblázat

Környezeti szempontból fontos elemek szokásos mennyisége a talajban — Magyarország és szerte a világban (g/t)

elem	Magyarországon szokásos mennyiségek			világátlag*
	értéktartomány	várható érték	(medián)	
	-tól	-ig		
As	< 2,5	230,37	7,17	0,1–20
Ba	19,5	258	95,3	300
Cd	< 0,5	12,8	< 0,5	2,2
Co	1,5	17,8	8,9	13,4
Cr	2,7	473	19,7	79
Cu	4	400	19,2	18
Hg	< 0,02	1,11	0,08	0,056
Ni	5	58	21,2	46
Pb	4,2	286	16,9	18
Zn	12,4	2166	63,3	79

* — Co, Cr, Ni: folyami homoktalajok

— Cd: löszön képződött talajok

— As: jellemző értéktartomány

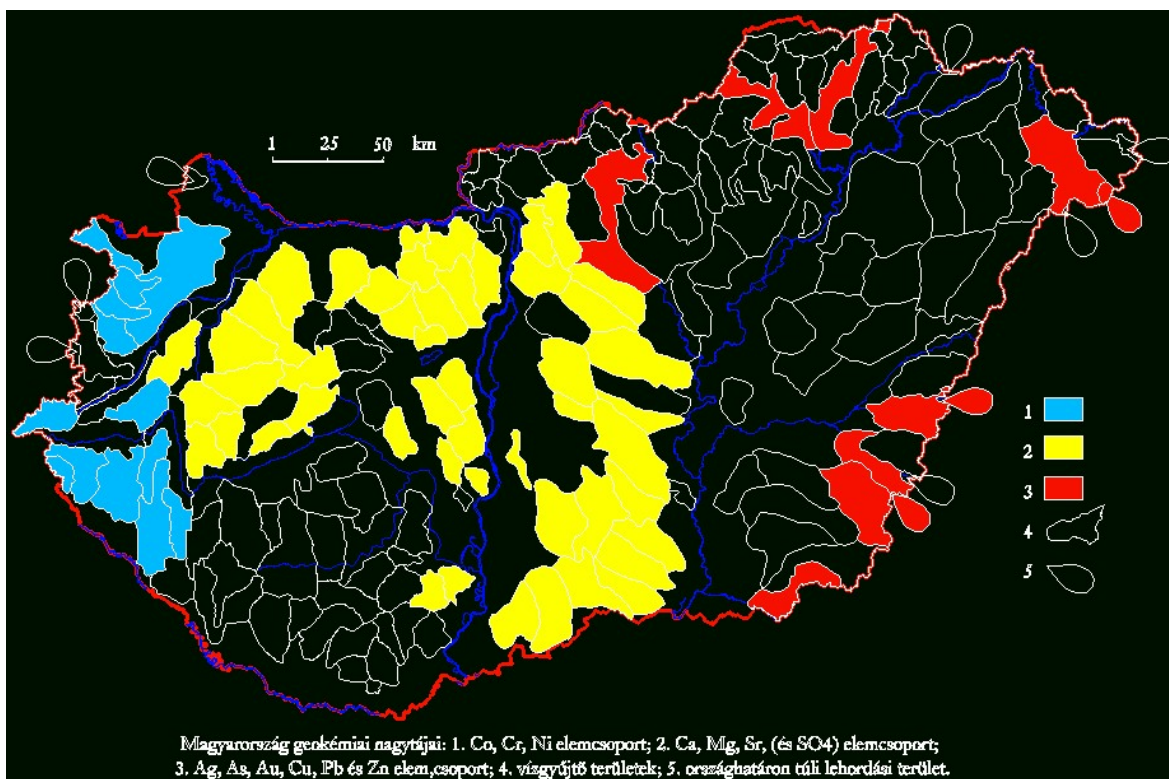
A fenti geokémiai térképek értelmezésénél és használatánál figyelembe kell vennünk néhány fontos körülményt. A nagy vízgyűjtők (cellák) kifolyási pontján gyűjtött minták adatait az üledékképződés átlagoló jellege alapján terjesztettük ki a vízgyűjtő teljes területére. Ennek alapján nem állapítható meg, hogy a cellán belül hol helyezkednek el azok a képződmények vagy szennyező források, amelyek az észlelt anomáliát okozzák. Egy vízgyűjtőn belül szükségképpen a cella jellemzésére felhasznált értéknél kisebb és annál jóval nagyobb koncentrációk is előfordulnak. A toxikus dúsulások lehatárolása azonban csak részletező vizsgálatokkal lehetséges.

Térképeinken nem szerepelnek a fő folyók mintáiból kapott eredmények. Fontos lenne ezek tüzetesebb vizsgálata is, mert hazai ivóvízkészletünk és egyben a termelés zömét is úgynevezett parti szűrésű kutak biztosítják. Ezek jövőbeni minőségét jelentősen befolyásolja a háttérüket adó üledékek állapota. Hasonlóképpen fontos a nagyobb, feltehetően szennyezésből származó anomáliák földtani kontrollja és lehatárolása. Különösképpen érvényes ez a Dél-Alföldön kirajzolódni látszó arzén- (és cink-) anomáliákra.

4. Magyarország geokémiai nagytájai

A [többváltozós eljárások](#) (faktoranalízis) alkalmazása teremtett lehetőséget arra, hogy le tudjuk határolni Magyarország [geokémiai nagytájak](#)ait. Meghatároztuk az egyes nagytájakra jellemző elemcsoportokat.

Magyarország geokémiai nagytájai



1. Hazánk területének nagyobbik részén nem jelölhető ki specifikus elemcsoport, épp ezért ez önálló nagytájnak számít. Ezeken — a térképen fehérén hagyott — területeken az egyes elemek mennyiségét alapvetően a talajtani jellemzők (kötöttség, humusztartalom stb.) határozzák meg.

2. Az ország középső részét a Duna uralja: ártéri rétegsorában és az abból kifújó, szélhordta üledékekben (pl. Duna–Tisza közti hátság) erőteljes talajmeszesedést figyelhetünk meg — ez értelemszerűen a Ca, Mg, Sr (CO₃²⁻, SO₄²⁻, PO₄³⁻) felhalmozódásával, gyakorlatilag az összes többi tápelem kiszorulásával jár. Jellegzetes anomáliaképet ad a Sr eloszlása.

Azokon a helyeken, ahol a felszín alatt néhány méter mélységben összefüggő, rossz vízáteresztő képességű mészkumulációs szintek alakulnak ki, jelentős vízháztartási problémák lépnek fel; a nagyobb gyökérmélységű növények életfeltételei romlanak. Ez a folyamat a Tisza árteréről és a Tiszántúlról gyakorlatilag hiányzik (a Nyírségben alárendelt jelentőségű).

3. A nyugati határ mentén, viszonylag rövid szállítás után lerakódott, alpi eredetű üledékeken képződött talajokban némileg több a vas, a kobalt, a króm, a nikkel (az alumínium és a mangán), mint az ország más részein.

4. Analóg gazdaságföldrajzi helyzetükből adódóan önálló geokémiai nagytájként különülnek el az erdélyi bányavidék és a Felvidék nehézipari központjai felől érkező folyók árterei. Ezeken az évszázadok óta tartó környezeti terhelés a rétegsor felső 60 cm-ére bizonyított, de valószínűsíthető, hogy egészen a talajvíz szintjéig tart.

1. táblázat

Környezeti szempontból fontos elemek szokásos mennyisége a talajban Magyarország geokémiai nagytájain

elem		1. nagytáj	2. nagytáj	3. nagytáj	4. nagytáj
As	A	< 2,5–19	< 2,5–57	5,8–13	5,4–22
	B	7,3	6,3	8	12
Ba	A	53–158	22–158	87–190	88–160
	B	95	68	135	113
Cd	A	< 0,5–1,5	< 0,5–3,4	< 0,5	< 0,5–10,4
	B	< 0,5	< 0,5	< 0,5	1,0
Co	A	4,9–13	1,7–10	10–15	9,4–14
	B	9	5,7	12,8	11,1
Cr	A	8–39	4–32	25–39	27–92
	B	21	14,5	36	36
Cu	A	8,5–42	5,5–33	18–32	21–103
	B	19	15	24	40
Hg	A	0,04–0,2	0,03–0,37	0,06–0,12	0,08–0,75
	B	0,08	0,08	0,09	0,14
Ni	A	11–36	7–30	25–37	25–41
	B	22	16	32	29
Pb	A	10–34	5,3–23	16–26	32–90
	B	17	13	18	46
Zn	A	32–150	14–180	69–96	100–600
	B	65	46	82	132

A = jellemző értéktartomány

B = várható érték

A talajok magyarországi és világátlagai

1. táblázat

Környezeti szempontból fontos elemek szokásos mennyisége a talajban —
Magyarországon és szerte a világban (g/t)

elem	Magyarországon szokásos mennyiségek			világátlag*
	értéktartomány		várható érték (medián)	
	-tól	-ig		
As	< 2,5	230,37	7,17	0,1–20
Ba	19,5	258	95,3	300
Cd	< 0,5	12,8	< 0,5	2,2
Co	1,5	17,8	8,9	13,4
Cr	2,7	473	19,7	79
Cu	4	400	19,2	18
Hg	< 0,02	1,11	0,08	0,056
Ni	5	58	21,2	46
Pb	4,2	286	16,9	18
Zn	12,4	2166	63,3	79

* — Co, Cr, Ni: folyami homoktalajok

— Cd: löszön képződött talajok

— As: jellemző értéktartomány

5. A környezeti terhelés

Amikor valamilyen, a környezet számára potenciálisan veszélyes anyag mennyisége megközelíti vagy meghaladja az egyes élő szervezetek mérgezéséhez elégséges mennyiséget, környezeti terhelésről beszélünk. Ennek oka távolról sem minden esetben az ember szennyező tevékenysége: környezetünkben találhatunk teljesen természetes eredetű, de erősen mérgező, egészségkárosító felhalmozódásokat is. A földtani okokra visszavezethető környezeti terheléseket alapvetően két nagy csoportba sorolhatjuk: olyanokra, amelyek az ember legcsekélyebb részvétele nélkül alakultak ki és olyanokra, amelyek eredeti állapotukban csak csekély jelentőségűek voltak (kis foltokon, netán nagy mélységben fejlődtek ki), az emberi beavatkozások folytán azonban már nagy területek élővilágát veszélyeztetik. Hazánkban mindkét típusra találhatunk jellemző példákat.

A tisztán földtani eredetű környezeti terhelés vagy egyes, ritka kőzettípusok előfordulásának, vagy az ércképző folyamatok hatásainak eredménye lehet. A gyakoribb kőzetekben a toxikus elemek szokásos mennyisége sosem éri el a [toxicitási küszöböt](#) (2. táblázat), és ez nem véletlen: a földi élet alapjában éppen az ezekből a kőzetekből kialakult vizes oldatokban fejlődött ki, ezek anyagát hasznosítja.

2. táblázat

A fontosabb toxikus elemek szokásos mennyiségei a leggyakoribb kőzetekben (g/t)

elem világszerte

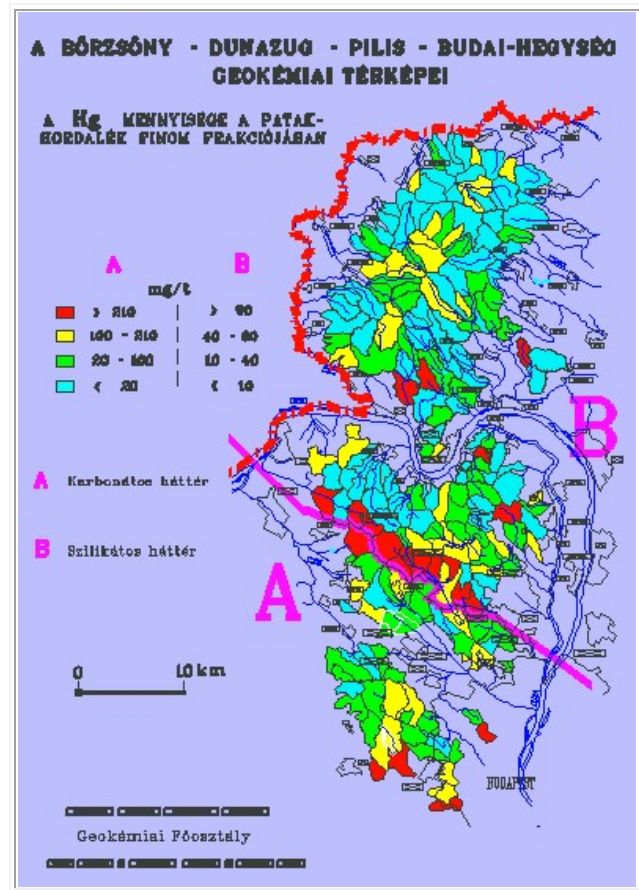
	gránit	andezit	bazalt	mészkö	agyag	homokkő
As	1,6	2,4	2,2	< 1	13	1
Ba	840	420	330	92	550	170
Cd	0,04	0,13	0,22	0,035	0,03	< 0,01
Co	1	7	48	0,1	19	0,3
Cr	4	22	200	11	90	35
Cu	5	10	160	15	200	< 10
Hg	0,054	0,051	0,051	0,052	0,066	0,074
Mo	1	1,1	1,2	0,4	2,6	0,2
Ni	4,5	15	130	20	2	68
Pb	20	10	6	9	20 ^x	7
Zn	39	60	105	20	95	16

^x – mélytengeri agyagokban (a tenger alatti vulkáni működés hatására): 140

A Dunántúli Középhegység É-i felében (a Velencei dombságtól a Pilisig) szórványosan előforduló [alkáli ultrabázitok](#)ban az U-tartalom 4–8 g/t, a Th koncentrációja 20–80 g/t. A Mecsek hegységben két helyen fellelhető [fonolit](#) nióbbium-tartalma több száz g/t.

Az utómagmás tevékenység során felszálló, jelentős fémtartalmú oldatok nem mindig eredményezik érctelepek kialakulását: azokhoz úgynevezett [geokémiai csapdák](#)ra is szükség van. Az érchordozó oldatokat felvezető mélytörések környezetében azonban efféle csapdák hiányában is kiterjedt anomáliák fejlődnek ki. Jó példa erre a Pilis hegység, ahol az idősebb karbonátos és a fiatalabb vulkáni kőzeteket elválasztó töréses zóna mentén határozottan kirajzolódó higany-anomáliákat jelölhetünk ki, a patakhordalékok részletező geokémiai felvétele révén.

A higany eloszlása a Pilisben



Színes- és nemesfémeket hegyvidéki területeink közül a Börzsönyben, a Mátrában és a Zempléni hegységben bányásztak. A felszínre hozott ércanyag hasznosítatlan része most kiterjedt szóródási nyelveket alkot az ártereken — legismertebb példája ennek az egykori gyöngyösoroszi ércbánya alatt folyó Toka patak.

Gyakorta már a nyersanyagok elsődleges hasznosítása is jelentős környezeti terhelés forrása. A természetes állapotában a környezetre teljesen ártalmatlan barnaszén, lignit, tőzeg eltűzelése a környék erőteljes As-, Hg- stb.-terheléséhez vezet. Az ércbányászat során nem csak a meddőként elkülönített anyagokat kell veszélyforrásnak tekinteni, de a leválasztott koncentrátum (szinpor) tárolási, szállítási stb. veszteségei is szennyezésként jelennek meg. A timföldgyártás melléktermékeként vörösiszap keletkezik. Az ásványi nyersanyagok további feldolgozásának lényege éppen az, hogy az ipar a természetes állapotú anyagokból egyre inkább mesterséges, természetidegen termékeket állít elő.

A KTM 1995-ben kelt tervezete szerint a fejlett országokhoz hasonlóan hazánkban is meg kell határozni a fontosabb toxikus elemek egészségügyi határértékeit, tehát azokat, a talajokban megengedhető koncentrációkat, amelyek túllépése esetén termelési illetve fogyasztási korlátozásokat kell

bevezetni. Magyarország geokémiai atlaszának összeállítása során valamennyi, a tervezetben felsorolt elem mennyiségét meghatároztuk, és adatainkkal hozzájárultunk a határértékek szabályozásához.

3. táblázat

Környezeti szempontból jelentős fémek megengedhető koncentrációi a talajban (g/t).

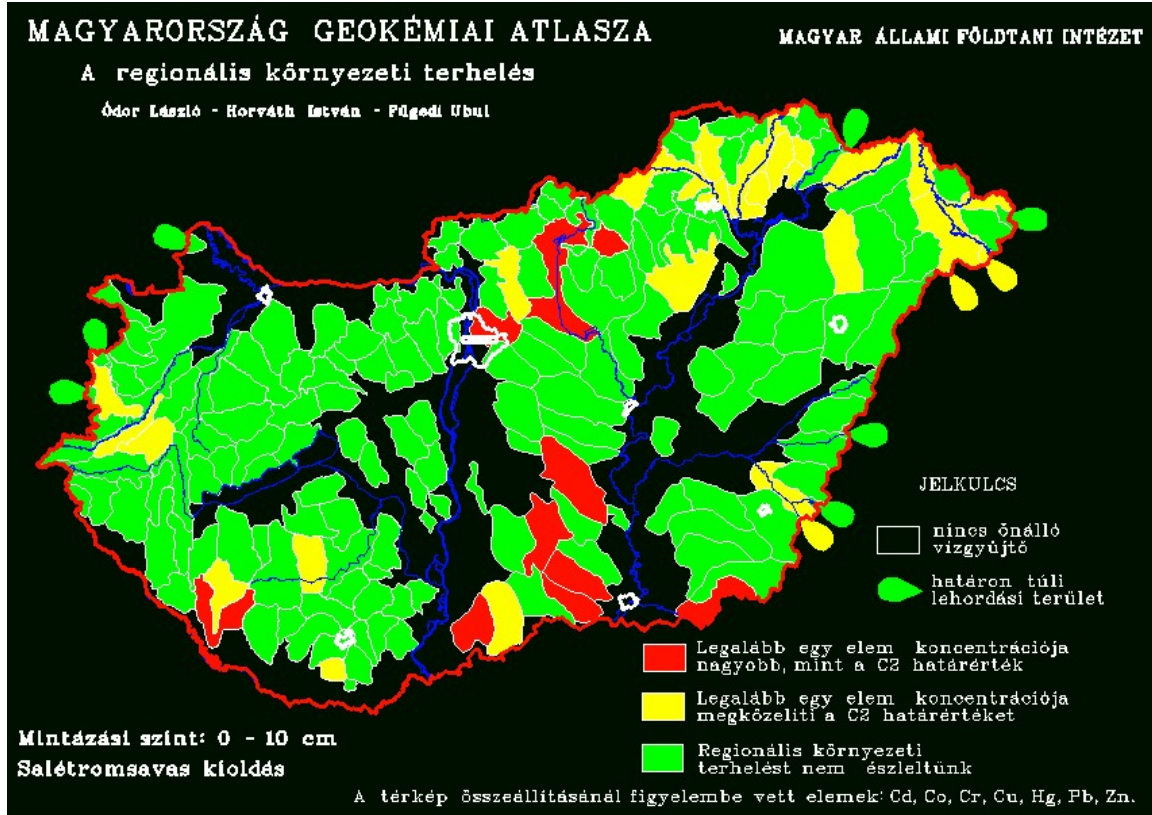
10/2000. (VI. 2.) KÖM-EÜM-FVM-KHVM együttes rendelet a felszín alatti víz és a földtani közeg minőségi védelméhez szükséges határértékről

elem	A*	B*	C₁*	C₂*	C₃*
As	10	15	30	40	60
Ba	150	250	300	500	700
Cd	0,5	1	2	5	10
Co	15	50	100	200	300
Cr	30	100	150	400	800
Cu	30	100	200	300	400
Hg	0,15	0,5	1	3	10
Mo	3	10	20	50	100
Ni	25	50	150	200	250
Pb	25	70	100	500	600
Zn	100	250	500	1000	2000

[Magyarázat a KTM határértékekre](#)

A regionális környezeti terhelés térképein azokat a vízgyűjtőket emeltük ki, amelyek kifolyási pontjain valamely, adott koncentráció felett toxikusnak számító elem az egészségügyi határértékhez (KTM, 1995: tervezet) közeli vagy azt meghaladó mennyiségben van jelen.

Összevont terhelési térkép



Némely toxikus nehézfém (főként az arzén és a kadmium) mennyisége viszonylag nagy területeken (néhány ezer km²) több, mint a tervezett határérték. Ez egyes helyeken tisztán a természeti tényezők következménye, de többnyire az emberi beavatkozások folytán alakulhatott ki. Erősen kiemelkedik környezetéből Pest (Rákos és Szilas patak), jól látható a Parádi Tarna (az egykori Recsk-lahócai és talán a parádóhutai bányászkodás hatása), kisebb mértékben a Mátrából dél felé folyó vizeket összegyűjtő Gyöngyös patak (Gyöngyösoroszi okán). Az Alföld déli részén, megfigyelhető szabályszerűség nélkül tarkálló foltok ellenőrző, részletező vizsgálata mindenképp indokolt. A külföldi ércbányászat és a nehézipar szennyező hatásáról a 4. fejezetben emlékeztünk meg.

Az érzékeny területekre (pl. vízbázisok, szántók, legelők) bevezetni kívánt határértékeknél 5-5 vízgyűjtőben több az As és a Cd, 2-ben a Zn, 1-1-ben a Cr és a Cu mennyisége. Szinte bizonyos, hogy az ilyen területeken vannak olyan, több km²-es foltok, amelyeken jelentős környezeti terhelés mutatható ki.

A témához kapcsolódó publikációk és jelentések:

Ódor L., Horváth I. and Fügedi U., 1996, Low-density Geochemical Survey of Hungary. Volume of Abstracts, Environmental Geochemical Baseline Mapping in Europe Conference, May 21–24, 1996, Spisska Nova Ves, Slovakia pp. 53–57.

Ódor L., Horváth I. and Fügedi U., 1997a: Az arany és ezüst geokémiai háttérértékei az ártéri üledékek alapján. The geochemical background values of gold and silver on the basis of flood-plain deposits. Földtani Kutatás, Új sorozat XXXIV.,1: 13–17.

Ódor L., Horváth I. and Fügedi U., 1997b: Észak-Magyarország nemesfém perspektívái a patakhordalékok geokémiai felvétele alapján. Precious metal perspectives of northern Hungary based on stream sediment survey. Földtani Kutatás, Új sorozat XXXIV.,2: 9–12.

Összefoglaló kéziratok:

Ódor László, Horváth István, Fügedi Ubul 1994: Országos Geokémiai Felvételek. A hegyvidéki területek patakhordalék felvétele. A Börzsöny-Dunazug-Pilis-Budai hegység geokémiai felvétele. MÁFI, Geokémiai Főosztály. T.: 16719

Ódor László, Horváth István, Fügedi Ubul, 1995: Országos Geokémiai Felvételek. I. Magyarország geokémiai térképsorozata, II. A regionális környezeti terhelés. MÁFI, Geokémiai Főosztály. T.:17058