

NEHÉZFÉM-TERHELÉS VIZSGÁLATOK A BÉKE-BARLANG VÍZGYŰJTŐJÉN

KASZALA RITA

Szegedi Tudományegyetem, Éghajlattani és Tájföldrajzi Tanszék, 6722
Szeged, Egyetem u.2. rita@geo.u-szeged.hu

Abstract: The heavy metal content of soils and plants was examined in the catchment basin of Béke-cave in Aggtelek Karst (North-East Hungary). The pH value, the organic matter and the clay mineral content of the soils influent the metal bound capacity. The paper introduces some result of experiment which search the relationship between the acid soluble heavy metal content of the soil and the pH value together with the amount of the heavy metal content of the soils which can get into the greenery.

1. Bevezetés

Kutatásaim során az Aggteleki Karszt Béke-barlangjának vízgyűjtőjén előforduló talajok és a növényzet nehézfém tartalmának meghatározását végeztem el. A vizsgálat a területen folyó, korábban megkezdett kutatásokhoz kapcsolódik, melynek egyik célja a karsztos talajok környezet állapotának általános felmérése (kémiai tulajdonságok, növények által hozzáférhető nehézfém-ionok mennyisége).

A nehézfémek talajbeli viselkedésének vizsgálatakor ismerni kell a talajok pufferkapacitását meghatározó tulajdonságokat. A kémhatás, az agyag- és szervesanyag-tartalom, valamint az agyagásványok minősége, mint a pufferkapacitást leginkább meghatározó tényezők, jelentős szereppel bírnak a nehézfémek mobilitása szempontjából is. A megfelelő kémhatású, magas agyag- és szervesanyag-tartalmú talaj ugyanis nagyobb mennyiségű ionadszorpcióra képes, ezáltal csökkenti azok mobilitását. A talajoldatba kerülő nehézfémek egyrészt a növények számára felvehető formát jelentenek, másrészt a mészkövön kialakult, gyakran igen csekély talajrétegen át könnyen elérhetik a fontos ivóvízbázisként működő karsztvizet.

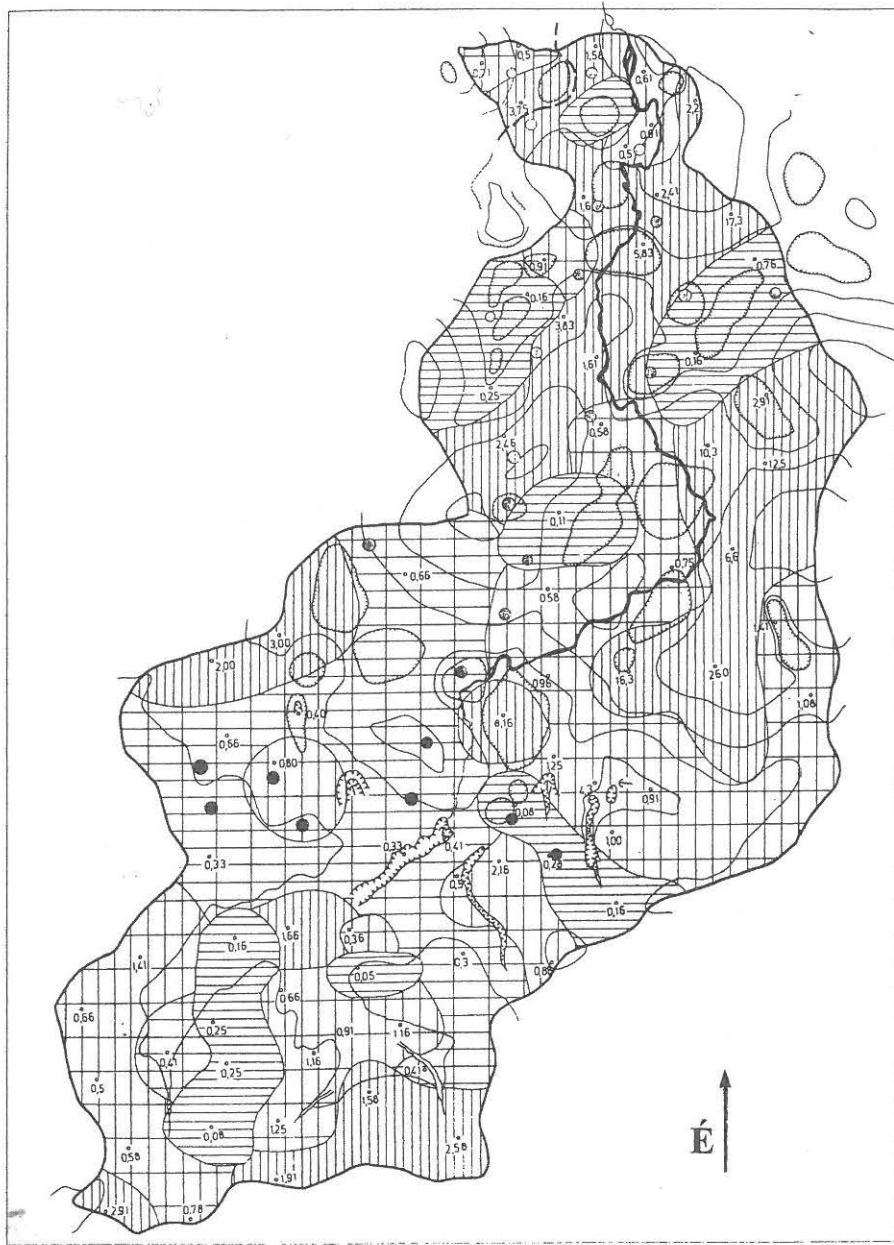
2. Anyagok és módszerek

2002 nyarán került sor a Béke-barlang közel 10km² nagyságú vízgyűjtő területének - melynek lehatárolását ZÁMBÓ végezte - mintegy 1/3-áról talaj- és növénymintát begyűjteni (1.térkép). A talajok mintázása két mélységből történt (0-10cm, és 20-30cm). Megfigyelhető volt, hogy a terület

északi részéről (nyílt karszt terület) származó minták vöröses-barna színű, magas agyagtartalommal rendelkező talajok voltak, szemben a délebbi területről (fedett karszt) begyűjtött mintákkal, amelyek sárgás-barna vályogban gazdag talajok. A 39 mintahelyről begyűjtött mintából 43-at dolgoztam fel. Az agyagtartalmú talajok kőzetdarabokkal igen átkeverték voltak. A növényzet tekintetében elmondható, hogy a nyílt karsztos területen főként büккеlegyes gyertyános-tölgyes erdők gyér aljnövényzettel, illetve néhány helyen a melegkedvelő somos-tölgyes borította a felszínt. A fátlan részeken boróka és kökény alkot áthatolhatatlan bozótost. A déli terület nagy részén lejtős sztyeppréteket találtunk helyenként boróka betelepülésekkel, és domináns a melegkedvelő somos tölgyes.

A talajvizsgálatok során meghatároztuk a talajok pH(H₂O) és a pH(KCl), a szervesanyag-tartalmát, valamint a sav oldható nehézfém-tartalmát. A talajok kémhatását 1:2,5-ös szuszpenzióban (desztillált víz, illetve 1 mol/dm³ KCl oldat alkalmazásával) mértük meg. (*TALAJ- ÉS AGROKÉMIAI VIZSGÁLATI MÓDSZERKÖNYV 2.*, 1988). A talajok szervesanyag-tartalmát izzítás után mért tömegveszteség alapján számoltuk. A nehézfémek mennyiségét HNO₃-H₂O₂-HClO₄ saveleggyel való feltárás után induktív csatolású plazma emissziós spektrométerrel (ICP-OES) mértük meg.

A növények nehézfém-tartalmának meghatározásakor a kiszárított és kávédarálóban összetört növényi anyagból 1g-ot 10ml HNO₃ hozzáadásával 120°C-on 2-4 órán át tártuk fel. Lehűlés után 3-4ml 70 %-os perklórsavat adtunk hozzá és ismét 1 óra hosszat folytattuk a feltárást. Ezt követően induktív csatolású plazma emissziós spektrométerrel (ICP-OES) mértük meg a keletkező oldatok Zn, Ni, Co, Cr nehézfém-tartalmát (*ROWELL 1994*), illetve a Cu koncentrációkat grafitkályhás atomabszorpciós (GFAAS) technika segítségével határoztuk meg a Veszprémi Egyetem, Föld- és Környezettudományi Tanszékén.



1. térkép: Béke-barlang vízgyűjtő területe
 Map 1. The catchment area of the Baradla-cave

I. táblázat
Table I.

A talajok kémhatása és szervesanyag-tartalma
The pH and organic matter content of soils

| mintaszám | pH [H ₂ O] | pH [KCl] | dpH | szervesa.t [%] | mintaszám | pH [H ₂ O] | pH [KCl] | dpH | szervesa.t [%] |
|-----------|-----------------------|----------|------|----------------|------------|-----------------------|----------|------|----------------|
| 1/0-10cm | 5,50 | 5,22 | 0,28 | 15,30 | 1/20-30cm | 6,94 | 6,68 | 0,26 | 13,90 |
| 2/0-10 cm | 5,88 | 5,57 | 0,31 | 16,60 | 2/20-30cm | 6,83 | 6,48 | 0,35 | 18,10 |
| 3/0-10cm | 6,57 | 5,92 | 0,65 | 12,00 | 3/20-30cm | 6,68 | 6,03 | 0,65 | 10,20 |
| 4/0-10cm | 6,90 | 6,34 | 0,56 | 12,30 | 4/20-30cm | 7,10 | 6,62 | 0,48 | 9,60 |
| 5/0-10cm | 6,88 | 4,48 | 2,40 | 10,40 | 5/20-30cm | 6,91 | 4,65 | 2,26 | 9,20 |
| 6/0-10cm | 5,87 | 4,71 | 1,16 | 11,80 | 6/20-30cm | 6,00 | 4,79 | 1,21 | 7,40 |
| 15/0-10cm | 5,33 | 4,14 | 1,19 | 12,90 | 15/20-30cm | 5,60 | 3,73 | 1,87 | 9,98 |
| 19/0-10cm | 5,76 | 4,39 | 1,37 | 14,70 | 19/20-30cm | 5,33 | 3,71 | 1,62 | 9,40 |
| 21/0-10cm | 5,56 | 4,59 | 0,97 | 12,50 | 21/20-30cm | 5,80 | 3,86 | 1,94 | 8,20 |
| 22/0-10cm | 4,50 | 3,40 | 1,10 | 11,20 | 22/20-30cm | 4,73 | 3,40 | 1,33 | 6,70 |
| 23/0-10cm | 5,60 | 4,62 | 0,98 | 9,60 | 23/20-30cm | 5,45 | 3,78 | 1,67 | 6,00 |
| 24/0-10cm | 5,41 | 4,68 | 0,73 | 12,20 | 24/20-30cm | 6,01 | 5,58 | 0,43 | 9,40 |
| 25/0-10cm | 5,72 | 5,18 | 0,54 | 22,30 | 25/20-30cm | 6,60 | 6,35 | 0,25 | 18,80 |
| 32/0-10cm | 5,66 | 4,67 | 0,99 | 8,80 | 32/20-30cm | 5,58 | 4,04 | 1,54 | 4,90 |
| 33/0-10cm | 5,16 | 3,98 | 1,18 | 7,10 | 33/20-30cm | 5,46 | 4,03 | 1,43 | 4,10 |
| 34/0-10cm | 5,69 | 4,99 | 0,70 | 6,70 | 34/20-30cm | 5,95 | 4,87 | 1,08 | 9,80 |
| 35/0-10cm | 5,18 | 3,81 | 1,37 | 6,80 | 35/20-30cm | 5,02 | 3,78 | 1,24 | 1,20 |
| 36/0-10cm | 4,70 | 3,65 | 1,05 | 7,60 | 36/20-30cm | 4,96 | 3,68 | 1,28 | 3,70 |
| 37/0-10cm | 4,97 | 3,90 | 1,07 | 7,80 | 37/20-30cm | 4,95 | 3,69 | 1,26 | 4,50 |
| 38/0-10cm | 4,92 | 3,81 | 1,11 | 6,75 | 38/20-30cm | 5,30 | 3,75 | 1,55 | 3,80 |
| 39/0-10cm | 5,60 | 4,43 | 1,17 | 8,40 | 39/20-30cm | 5,83 | 4,35 | 1,48 | 6,85 |

3. Eredmények

3.1 Vizsgált talajok kémhatása és szervesanyag-tartalma

A mintaterületen a talajok semleges illetve gyengén savanyú kémhatással rendelkeznek (I.táblázat). Kisebb különbségek figyelhetők meg a mészkő illetve löszös alapkőzetten kialakult talajok kémhatásában, ugyanis a déli - löszös- területek taljai valamivel savanyúbbak. A kémhatáskülönbség valószínűleg az alapkőzetből a talajba jutó kalcium-karbonátnak köszönhető, amely a talajban savanyodás elleni pufferként működik. A Δ pH értékek (azaz a vizes és a KCl-os kémhatás különbsége, amely a talajok savanyodási

tendenciáiról nyújt számunkra információt: a magas 1 körüli értékkel rendelkező talajokban a savanyodási tendencia erősebb, mint a kisebb értékkel bíró talajokban) 0,5-1,0 körül vannak, illetve néhol a 2,0-t is meghaladják.

A szervesanyag-tartalomban is megfigyelhető különbségek vannak az északi és a déli területéről származó minták között. A déli területek talajai átlagosan 6-7% szervesanyagot tartalmaznak, szemben az északi rész 11-12%-os értékeivel.

A talajok pH értéke és szervesanyag-tartalma nagymértékben hozzájárul a talajban levő fémek mobilitásához, és fixációjához.

II. táblázat
Table II.

A vizsgált terület talajaiban mérhető nehézfém-koncentrációk
The concentrations of the heavy metals in the soils of the examined area

| mintahely száma | Cu [ppm] | | Zn [ppm] | | Co [ppm] | | Ni [ppm] | | Cr [ppm] | |
|-----------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | 0-10 cm | 20-30 cm | 0-10 cm | 20-30 cm | 0-10 cm | 20-30 cm | 0-10 cm | 20-30 cm | 0-10 cm | 20-30 cm |
| 1 | 25,74 | 28,42 | 172,33 | 158,11 | 17,97 | 16,13 | 45,41 | 44,23 | 59,82 | 44,23 |
| 2 | 25,71 | 25,78 | 166,71 | 152,16 | 13,87 | 10,95 | 45,91 | 43,15 | 56,63 | 68,21 |
| 3 | 25,62 | 25,46 | 142,75 | 153,54 | 13,15 | 16,44 | 36,49 | 38,64 | 30,36 | 40,55 |
| 4 | 19,26 | 18,91 | 146,97 | 146,25 | 14,47 | 15,09 | 37,50 | 38,95 | 39,61 | 27,52 |
| 5 | 19,44 | 19,77 | 154,90 | 186,83 | 18,18 | 19,03 | 33,34 | 37,56 | 54,77 | 60,88 |
| 6 | 19,31 | 16,51 | 126,56 | 124,26 | 9,85 | 10,73 | 28,02 | 28,31 | 16,73 | 13,12 |
| 15 | 16,50 | 16,77 | 142,75 | 152,68 | 9,52 | 31,25 | 31,82 | 36,11 | 20,22 | 61,71 |
| 19 | 11,68 | 13,31 | 163,46 | 183,72 | 14,87 | 14,51 | 29,89 | 37,06 | 40,67 | 46,28 |
| 21 | 11,91 | 13,73 | 115,74 | 138,85 | 16,37 | 14,32 | 33,16 | 40,60 | 26,99 | 60,05 |
| 22 | 8,20 | 10,90 | 114,95 | 132,27 | 11,21 | 18,08 | 21,40 | 29,28 | 37,10 | 22,55 |
| 23 | 8,22 | 11,00 | 120,59 | 111,69 | 16,50 | 13,46 | 25,02 | 22,77 | 23,31 | 37,39 |
| 24 | 18,12 | 12,30 | 158,90 | 147,46 | 11,42 | 12,57 | 35,74 | 38,27 | 50,46 | 32,97 |
| 25 | 17,92 | 23,66 | 174,57 | 181,94 | 7,64 | 8,73 | 38,53 | 42,16 | 61,47 | 64,57 |
| 32 | 12,50 | 9,71 | 79,52 | 63,34 | 8,88 | 8,72 | 14,64 | 14,41 | 18,76 | 17,44 |
| 34 | 15,35 | 15,31 | 109,03 | 105,82 | 17,22 | 17,31 | 32,88 | 32,76 | 15,95 | 27,39 |
| 35 | 9,62 | 7,23 | 38,73 | 36,90 | 8,64 | 8,80 | 11,45 | 7,77 | 24,66 | 23,63 |
| 36 | 7,18 | 7,20 | 50,37 | 37,21 | 1,12 | 0,89 | 2,02 | 1,88 | 22,34 | 18,54 |
| 39 | 17,32 | 15,05 | 40,75 | 30,76 | 1,59 | 1,05 | 20,52 | 18,58 | 1,12 | <0,36 |
| háttér konc. | 30 | | 100 | | 15 | | 25 | | 30 | |
| szenny. hat. | 100 | | 200 | | 30 | | 40 | | 75 | |

3.2 Nehézfém-vizsgálatok karsztos alapkőzeten kialakult talajokban

A mészkövek nehézfém-tartalma nem túl magas. *MERIAN* (1984) vizsgálatai szerint a mészkövek átlagos nehézfém-tartalma a következő: Cu: 4ppm, Co: 2ppm, Ni: 15ppm, Zn: 23ppm. *KABATA et al.* (1984) a következő értékeket közli: Cu: 2-10ppm, Co: 0,1-30, Ni: 7-20ppm.

A talajok Zn, Co, Cr, Cu, Ni tartalmát határoztuk meg (*II. táblázat*). Minden nehézfémnél feltüntettük a 10/2000. (VI.2.) KöM-EüM-FVM-KHVM együttes rendelete által megadott, elemtartalomra vonatkozó szennyezettségi határértéket és a háttér koncentrációt (*MAGYAR KÖZLÖNY*, 2000 b). (A háttér koncentráció egy reprezentatív érték, egyes anyag természetes vagy ahhoz közeli állapotot jellemző koncentrációja a talajban, míg a szennyezettségi határérték a talajok multifunkcionalitásának és a felszín alatti vizekkel szembeni érzékenységének figyelembevételével meghatározott kockázatos anyag koncentráció (*MAGYAR KÖZLÖNY*, 2000 b).)

A fémtartalmak esetén is megtaláljuk a kettősséget a déli területek vályogos taljai és az északi területek agyagos talajainak fémtartalmai között amit a pH értékeknél már említettem. A kobalt és a réz esetében elmondható, hogy a talajbeli koncentrációjuk a háttérértékhez közelít. A cink és nikkell koncentrációk általában a háttérérték felett vannak, de néhol közelítenek a szennyezettségi határértékhez. Általában elmondható, hogy a déli területen valószínűleg a kevesebb szervesanyag- és agyagtartalom következtében a talajok vizsgált fémtartalmai is alacsonyabb koncentráció értéket mutatnak.

3.3 A növényzet nehézfém tartalma

FÜLEKY (1999) szerint a növényekben a következő koncentrációkban található meg a vizsgált elemek: Cu: 2-20ppm, Co: 0,02-0,5ppm, Cr: 0,02-1ppm, Zn: 25-150ppm. *KADÁR* (1995) a következő koncentrációkat mérte tölgy levélben: Cu: 9ppm, Co: 0,22ppm, Ni: 1,8ppm, Cr: 1,7ppm, Zn: 44ppm.

Mivel a növények nehézfém felvétele fajonként változó, ezért a területen olyan fajokat választottunk ki, amelyek az egész vizsgált területen, vagy a terület nagy részén nagy valószínűséggel megtalálhatók. Ezek alapján három faj hajtásainak begyűjtésére és elemzésére került sor. Ezek a következők: gyertyán (*Carpinus betulus*), kocsánytalan tölgy (*Quercus petraea*), húsos som (*Cornus mas*). Az elemzés eredményét a *III. táblázat* mutatja be.

III. táblázat
Table III.

A vizsgált növények nehézfém-tartalma
The heavy metal content of the plants

| mintahely száma | Cu [ppm] | Zn[ppm] | Co[ppm] | Ni[ppm] | Cr[ppm] |
|-----------------|----------|---------|---------|---------|---------|
| 1 som | 6,87 | 20,41 | 0,00 | 1,74 | 0,30 |
| 2 som | 9,38 | 20,50 | 0,40 | 0,70 | 0,60 |
| 19 som | 3,48 | 9,07 | 0,00 | 0,64 | 0,00 |
| 21 som | 3,41 | 40,23 | 0,31 | 1,85 | 0,31 |
| 22 som | 3,48 | 19,02 | 0,43 | 1,05 | 0,35 |
| 24 som | 3,79 | 12,52 | 0,46 | 1,06 | 0,34 |
| 25 som | 3,41 | 20,54 | 0,00 | 0,34 | 0,23 |
| 19 gyertyán | 5,72 | 12,55 | 2,13 | 4,60 | 0,00 |
| 22 gyertyán | 5,89 | 30,89 | 2,10 | 5,45 | 0,19 |
| 23 gyertyán | 6,64 | 75,87 | 2,07 | 7,74 | 0,27 |
| 24 gyertyán | 6,19 | 18,56 | 2,20 | 5,65 | 0,15 |
| 35 gyertyán | 7,68 | 8,97 | 0,00 | 4,37 | 1,35 |
| 36 gyertyán | 5,38 | 32,41 | 0,00 | 2,74 | 1,24 |
| 2 tölgy | 6,81 | 16,75 | 0,00 | 0,00 | 0,65 |
| 21 tölgy | 4,64 | 22,86 | 0,00 | 0,00 | 1,01 |
| 35 tölgy | 5,69 | 33,75 | 0,00 | 1,85 | 1,30 |
| 39 tölgy | 5,52 | 24,26 | 0,00 | 0,46 | 1,04 |

A talaj és a növényzet nehézfém-tartalma közötti összefüggés vizsgálatára az adott helyen 20-30cm mélységből származó talajminták koncentrációinak és az ugyanitt gyűjtött növényzet fémtartalmának arányát vettem alapul (azaz 100%-nak a talajból összesen kioldható fémtartalmat vettem). Ezeket növények szerint lebontva a IV, V, VI. táblázatok mutatják be.

IV. táblázat
Table IV.

Húsos som/talaj fémtartalom arány %-ban
Metal content of Cornus mas/soil in %

| mintaszám | 1 | 2 | 19 | 21 | 22 | 24 | 25 |
|------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Szervesa. t. [%] | 13,90 | 18,10 | 9,40 | 8,20 | 6,70 | 9,40 | 18,80 |
| pH | 6,94 | 6,83 | 5,33 | 5,80 | 4,73 | 6,01 | 6,60 |
| Cu [ppm] | 24,20 | 36,40 | 26,18 | 24,80 | 31,90 | 30,80 | 14,40 |
| Co[ppm] | 0,00 | 3,70 | 0,00 | 2,20 | 2,40 | 3,70 | 0,00 |
| Ni[ppm] | 3,90 | 1,60 | 1,70 | 4,60 | 3,60 | 2,80 | 0,81 |
| Cr[ppm] | 0,67 | 0,90 | 0,00 | 0,50 | 1,60 | 1,03 | 0,36 |
| Zn[ppm] | 12,90 | 13,50 | 4,90 | 18,90 | 14,40 | 8,50 | 11,20 |

V. táblázat
Table V.

Gyertyán/talaj fémtartalom arány %-ban
Metal content of *Carpinus betulus*/soil in %

| | | | | | |
|------------------|-------|-------|-------|-------------|-------------|
| mintaszám | 19 | 22 | 24 | 35 | 36 |
| szervesa. t. [%] | 9,40 | 6,70 | 9,40 | 1,20 | 3,70 |
| pH | 5,33 | 4,73 | 6,01 | 5,02 | 4,96 |
| Cu [ppm] | 39,40 | 54,00 | 50,30 | 106,20 | 74,70 |
| Co [ppm] | 14,70 | 11,60 | 17,50 | 0,00 | 0,00 |
| Ni [ppm] | 12,40 | 18,60 | 14,76 | 56,20 | 145,70 |
| Cr [ppm] | 0,00 | 0,80 | 0,45 | 5,70 | 6,70 |
| Zn [ppm] | 6,80 | 23,40 | 12,60 | 24,30 | 87,10 |

VI. táblázat
Table VI.

Kocsánytalan tölgy/talaj fémtartalom arány %-ban
Metal content of *Quercus petraea*/soil in %

| | | | | |
|-----------------|-------|-------------|--------------|--------------|
| mintaszám | 2 | 21 | 35 | 39 |
| szervesa. t [%] | 18,10 | 8,20 | 1,20 | 5,83 |
| pH | 6,83 | 5,80 | 5,02 | 6,80 |
| Cu [ppm] | 26,40 | 33,80 | 78,70 | 36,60 |
| Co [ppm] | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Ni [ppm] | 0,00 | 0,00 | 23,80 | 2,50 |
| Cr [ppm] | 0,95 | 1,70 | 5,50 | 0,00 |
| Zn [ppm] | 11,01 | 16,50 | 91,50 | 78,90 |

A III, IV, V, VI. táblázatban a 0 értékkel szereplő adatok kimutatási határ alatti koncentrációt jelentenek (Co: 14,1ppb, Ni: 20ppb, Cr: 9,4ppb).

A gyertyán és a kocsánytalan tölgy eredményei azt mutatják, hogy a talaj krómtartalma akkor kerül felvehető formába, ha a talaj pH 5 körül van.

A kobalt a tölgy számára nem hozzáférhető, míg azonos helyről vett húsos som esetében 2,20 ppm kobaltkoncentrációt mértem. Ennek élettani okai lehetnek, melynek igazolásához további vizsgálatok szükségesek.

A tölgy és a gyertyán esetében megfigyelhető, hogy a magasabb nikkel tartalom együtt jár a réz és a cink magasabb koncentrációjával.

4. Összefoglalás

Kutatásaink során az Aggteleki Kaszton a Béke –barlang vízgyűjtőjének talajainak és növényzetének a nehézfém tartalmát határoztuk meg. A talajo-

kat 0-10, és 20-30cm mélységből mintáztuk meg. A talajvizsgálatok során meghatároztuk a pH(H₂O)-t, pH(KCl)-t és a szervesanyag-tartalmat, valamint az összes (savoldható) Cu, Zn, Co, Ni és Cr tartalmat. A talajmintavételezési helyeken, ahol mód volt rá növénymintákat (kocsánytalan tölgy, gyertyán, húsos som) is begyűjtöttünk. A vizsgálatok alapján az alábbi megállapításokat tehetjük:

1. A terület geológiájának inhomogenitásából adódóan két - mind fizikai, mind kémiai tulajdonságban - eltérő talaj különíthető el. A pH, szervesanyag-tartalom különbözősége miatt a fémmegkötő képessége is változó a területen gyűjtött talajmintáknak.
2. Ez a kettősség a talajminták nehézfém-tartalmában is megmutatkozik. Mivel a talajok fémtartalma különböző a növények felvételi lehetőségei is mások.
3. A vizsgált növényekkel kapcsolatban megállapítható, hogy a gyertyán a vizsgált fémekből a másik két növényhez képest többet vesz fel, illetve bizonyos fémeket akkumulálhat. A déli területekről származó növényminták elemtartalma jóval meghaladja a fedett karsztos területek növénymintáiban mért elemtartalmat. Ennek oka lehet, hogy a talaj pH-ja itt alacsonyabb értéket mutat, ugyanúgy, mint a szervesanyag-tartalom is csekély. Terepi megfigyelések alapján elmondható, hogy a fedett karsztról származó talajok agyagfrakciója is kevesebb, így nem képes a talajban levő fémeket megkötöni (ad- és adszorpció), hanem azok a talajoldatban maradnak, így a növények számára is hozzáférhetőek.

IRODALOM

A felszín alatti vizek minőségét érintő tevékenységekkel összefüggő egyes feladatokról szóló 33/2000 (II. 17.) Kormányrendelet. – Magyar Közlöny 2000/23. szám, p. 1078-1098

A felszín alatti víz és a földtani közeg minőségi védelméhez szükséges határértékekről szóló 10/2000. (VI.2.) KöM-EüM-FVM-KHVM együttes rendelete. – Magyar Közlöny 2000/53. szám, p. 3156-3467.

FÜLEKY GY. (1999): Tápanyag-gazdálkodás - Mezőgazda Kiadó p. 70-80

KABATA-PENDIAS A. – *PENDIAS H.* (1984): Trace elements in soil and plants. – CRC Press, Boca Raton, p. 315

KÁDÁR I. (1995): Környezet- és Természetvédelmi Kutatások. - MTA Agrokémiai és Talajtani Kutató Intézet, Budapest, p. 131-132

MERIAN E. (1984): Metalle in der Umwelt. - Verlag Chemie GmbH Weinheim, Florida, Basel.

ROWELL, D.L. (1994): Soil Science: Methods and Applications. – Longmann Group UK Limited, p. 350.

Talaj és agrokémiai vizsgálati módszerkönyv 2. – In: Buzás I. (szerk.) A talajok fizikai-kémiai és kémiai vizsgálati módszerei, Mezőgazdasági Kiadó Budapest, 1988. p. 243