

Mit iszunk?

– Tusnádfürdői helyzetkép –

Szerző:

Boér Ágnes

Földrajz szak, alapképzés II. év, Babeş–Bolyai Tudományegyetem, Földrajz Kar, Kolozsvár

Témavezetők:

Pál Zoltán egyetemi tanársegéd

Babeş–Bolyai Tudományegyetem, Földrajz Kar, Kolozsvár

Kis Boglárka-Mercedesz doktorandusz

Babeş–Bolyai Tudományegyetem, Környezettudományi és Környezetmérnöki Kar

Szakmai konzulens:

Máthé István egyetemi adjunktus

Sapientia Erdélyi Magyar Tudományegyetem, Csíkszereda, Műszaki- és Társadalomtudományi Kar, Biomérnöki Tanszék

Küldő intézmény: XV. Erdélyi Tudományos Diákköri Konferencia (ETDK)

2012. május 13.

Tartalomjegyzék

Kivonat:	3
1. Bevezető	4
1.1. A kutatás célkitűzései.....	4
1.2. Tusnádfürdő földrajzi behatárolása	4
1.3. Tusnádfürdő földtörténete	4
1.4. Az ásványvizekről.....	6
1.5. Az ásványvizek közegészségügyi jelentősége	8
1.5.1. Kationok.....	9
1.5.2. Anionok.....	10
1.5.3. Nehézfémek.....	11
1.5.4. Szennyező szervesanyagok.....	12
1.5.5. Baktériumok	13
2. Anyag és módszer	15
2.1. A mintavételi terület jellemzése	15
2.2. Helyszíni fizikai-kémiai mérések.....	16
2.3. Laboratóriumi vegyi elemzések	16
2.4. Mikrobiológiai vizsgálatok	17
3. Eredmények és tárgyalás	18
3.1. Fizikai-kémiai vizsgálatok	18
3.2. Higiéniai-bakteriológiai vizsgálatok	22
3.3. Az Általános Városrendezési terv (P.U.G.) vizsgálata.....	23
4. Következtetések	24
5. Köszönetnyilvánítás	25
Könyvészet:	26
MELLÉKLETEK	29

Mit iszunk?

– Tusnádfürdői helyzetkép –

Kivonat: A vizsgált terület, Tusnádfürdő, Hargita megye déli részén, az Olt folyó szorosában fekszik a Csomád-hegység és a Súlyomkő között.

Dolgozatunkban az ott lakók által előszeretettel fogyasztott borvízforrásokat vizsgáljuk kémiai és mikrobiológiai szempontból. A mért értékeinket a különböző vízminőségre vonatkozó WHO-s, EU-s, és román törvényekhez viszonyítjuk. Próbálunk választ keresni arra a kérdésre, hogy a város befolyásolja-e, és ha igen, akkor miképpen befolyásolja a borvizek minőségét.

Vizsgálatunkból az derül ki, hogy a források minőségileg megfelelnek az előírt rendelkezéseknek. Az ásványi anyagok kellő mennyiségben megtalálhatóak a forrásokban. A szennyező anyagok közül a források nehézfém tartalma elhanyagolható, higiéniai-mikrobiológiai szempontból elfogadhatóak. Egyedüli szennyező, amely meghaladja a megengedett értéket az ammónium, melynek magas értéke a város hatásával hozható összefüggésbe.

Kulcsszavak: Tusnádfürdő, borvizek, minőség, határértékek, fogyaszthatóság

1. Bevezető

1.1. A kutatás célkitűzései

Tusnádfürdő Hargita megye legdélebben fekvő városa Románia egyik ismert gyógykezelő központja. Az itt található ásványvizeket gyógyfürdői valamint ivókúrára használják.

Dolgozatunkban néhány közkezdelt ásványvízforrás minőségét és fogyaszthatóságát vizsgáljuk fizikai, kémiai és higiéniai-bakteriológiai szempontból. Választ keresünk arra a kérdésre, hogy a város befolyásolja-e, és ha igen, akkor milyen mértékben befolyásolja a források minőségét. Az általunk vizsgált források: Erdei-fúrás, Veresvízi-fúrás, Alsótiszászataki-forrás, Ilona-forrás, Apor-forrás, Mikes-forrás, Főkút, Rudi-forrás, Ifjúság-forrás, Komlósároki-forrás.

Az emberek által fogyasztott vizek minőségének szabályozására a WHO, az EU, és hazánk is létrehozta rendeleteket, amelyek tartalmazzák az ivóvízben előforduló szennyező anyagok megengedett határértékét. Kutatásunk során összehasonlítjuk az általunk mért értékeket a hivatalosan elfogadott határértékekkel, és az eredmények alapján következtetünk az ásványvizek minőségére és fogyaszthatóságára, valamint próbálunk magyarázatot találni a szennyezők jelenlétére.

1.2. Tusnádfürdő földrajzi behatárolása

Tusnádfürdő Hargita megye legdélebben fekvő városa. A XIX. század második felében vált ismertté a mai Nádasfürdő (a Csomád-hegység északi lejtője) helyén (SZABÓ, 2010). A mai város az Olt folyónak a Dél-Hargitát kettészelő szorosában fekszik, 650 m tengerszintfeletti magasságban, a Felső-Sólyomkő, amely a Piliske szerkezetéhez tartozik, valamint a Csomád-hegység között (SZABÓ, et al 1975). Fejlődését természeti adottságainak, kedvező éghajlatának valamint gyógytényezőinek köszönheti. A feltörő ásványvizek és mofetták a gyógykezelés szolgálatában állnak (SZABÓ, 2005).

1.3. Tusnádfürdő földtörténete

Tusnádfürdő földtörténetében fontos szerepet játszik a Keleti-Kárpátok vulkáni vonulatának (Kelemen-Görgényi-Hargita) kialakulása. A mezozoikum végén, a kréta közepén, a Tethys-tenger geosinklinálisában felhalmozódott flis üledékből elkezdődik a Kárpátok orogenezise. A földtörténet újkorában a nagy nyomás hatására az Erdélyi-medence a törésvonalak mentén rögökre töredezik és besüllyed. A besüllyedés térben és időben nem volt egységes. Az Erdélyi-medence keleti törésvonalán, ahol a legmélyebb volt a beszakadás, elkezdő-

dik a vulkáni tevékenység (KRISTÓ, 1956). A fent említett kitörések a Kárpát-Pannon térség neogén-kvarter vulkanizmusának részét képezik, amely a térség nyugati részén körülbelül 21 millió évvel ezelőtt kezdődött.

A Kárpáti vonulat mentén két kitörési időszakot különítünk el. Az első 14 – 9 millió év között zajlott Kárpátaljától a Gutinig. A második aktív vulkáni időszak 11 – 0,1 millió év között a Kelemen–havasoktól a Dél-Hargitáig volt jellemző (SZAKÁCS, 2003). A kora pleisztocénben a vulkáni anyag főleg a Piliske és a Kakukkhegy aktivitása nyomán került a felszínre. A középső-pleisztocénben a Hargita-hegység morfológiája megegyezett a jelenlegivel. A Málnás-Bükszád csoport aktivitása körülbelül 1,4 millió éve fejeződött be. A Piliskéhez kapcsolódó aktív szakasz megközelítőleg 0,7 millió éve ért véget. A középső-pleisztocén elején az aktív vulkanizmus áttevődött a Csomád-hegységre és annak környékére. Ekkor történt a hegyközi medencék kiemelkedése (LÁSZLÓ, 2005).

Az általunk vizsgált terület az Olt folyó szorosában fekszik. Keletről a Csomád-hegység (1301 m), nyugatról a Felső-Sólyomkő (824 m) határolja. A Csomád-hegység a Kárpáti vonulat legfiatalabb vulkáni maradványa. Egyedüli vulkáni tömb, amely az Olt bal partján található (SCHREIBER, 1980). A Dél-Hargitától az Olt áttörése a pleisztocénben választotta el (KARÁTSZON, 1994). A tűzhányó utolsó eruptív kitörése 35 ezer évvel ezelőtt zajlott le. Fia-tal korával magyarázható a hegység krátereinek épsége (PÉCSKAY, et al 2006). A Csomád-hegységben lezajlott vulkanizmus eltérő volt a Hargita-hegységben levő vulkanizmustól. Az itt zajló vulkáni tevékenységet erőteljesebb kiömlések, savasabb lávák jellemezték (SCHREIBER, 1980). Az ikerkráteres vulkán nagyrészt piroklasztit kőzetei (SiO_2 -ban gazdag biotit-amfibol-dácitokat, kisebb részben biotit-amfibol-andeziteket) előbb a meredek vulkáni kúpot felépítő hamuszórások, majd később freatomagmás kitörések során rakódtak le (KARÁTSZON, 1994). A tűzhányó tevékenységének végét sűrűn folyó lávák és lávadóm felnyomulások jellemezték, amelyek főként a vulkáni kúp északi és nyugati peremén valamint a kúp lejtőin figyelhetők meg (SCHREIBER, 1980).

Tusnádfürdő nyugati határát a Felső-Sólyomkő képezi, amely a Piliske vulkáni kúp keleti lejtőjén található (LÁSZLÓ, 2005). A Piliske tevékenysége 1 millió évvel ezelőtt ért véget. A hegységben lezajlott vulkáni tevékenység a mai napig megmutatja jelenlétét a felszínre törő gázokon keresztül. Ezek a gázok töréseken és repedéseken keresztül törnek a felszínre, CO_2 vagy H_2S kiáramlás formájában, valamint vízben oldott formában (borvíz). Ezek a tevékenységek jelzik a vulkáni tevékenység végső fázisait (PLIBÁTH, et al 2010).

Az Olt völgye a Tusnádi-szoros területén egy teraszos völgy, amely vulkáni törmelékanyagban gazdag. A törmelékanyag a láva felszínén sziklaterasz jellegű képződményeket al-

kot. Ezek törmelékanyagai tufák, vulkáni homokrétegek, breccsák, tufaárak, törmelékárak maradványai, vagyis nem az Olt által szállított folyóvízi hordalékanyagok (SCHREIBER, 1980).

Tusnádfürdő földtani felépítésében két szerkezeti csoport tevődik egymásra. Az alsó szerkezeti csoport magába foglalja a kristályos – mezozoós és belső flis övezetek takaróredőit, a felső a vulkáni vonulatot és a hegyközi medencéket. A legidősebb képződmények a Keleti-Kárpátok krétakori flis övezetének homokköves márgás rétegsorai, amelyek tengeri eredetű üledékes kőzetekből épülnek fel. Tusnádfürdőn a legelterjedtebb üledékes kőzet a kárpáti homokkő. A vulkáni képződmények a piroklasztitok és epiklasztitok. Ezek együttese képezi a vulkáni-üledékes formációt (PÉTER, et al 2008). Az Olt nyugati partján, a Hargita-hegység keleti lejtőjén az andezitek, a folyó keleti partján az üledékes, piroklasztit képződmények vannak túlsúlyban (PRICĂJAN, 1985). (lásd: *Mellékletek: 1. ábra*) (D. Slăvoacă, 1975 után, módosítva, PRICĂJAN, et al 1981, 92. oldal)

1.4. Az ásványvizekről

„A föld belsejének titokzatos laboratóriumában állandóan folyó érdekes és roppant komplikált vegyi munkának legjobb regisztrálói a felszínen az ásványvizek.” (BÁNYAI, 1934)

Az ásványvizek természetes felszín alatti vizek, amelyekben az oldott ásványianyag-tartalom több mint 1 g/l, vagy hőmérsékletük nagyobb az illető terület évi középhőmérsékleténél, és ennek köszönhetően gyógyászati és ipari célokra felhasználhatóak (KISGYÖRGY, et al 1978).

Az Európai Unió ásványvízről szóló szabványa elsősorban a vízben oldott ásványianyag-tartalmat (TDS – total dissolved solids) tartja szem előtt. Ennek alapján 4 ásványvíz kategóriát különböztet meg: nagyon csekély ásványianyag-tartalmú (TDS < 50 mg/l), csekély ásványianyag-tartalmú (TDS < 500 mg/l), közepes ásványianyag-tartalmú (500 mg/l < TDS < 1500 mg/l), ásványi anyagban gazdag (TDS > 1500 mg/l) (KIS, et al 2007).

Nagyobb mennyiségben, a földkéregben leginkább elterjedt ionokat találjuk meg a vizekben. Ilyenek az *anionok* közül a hidrogén-karbonát- (HCO_3^-), a klorid- (Cl^-), a szulfát- (SO_4^{2-}), a jodid- (I^-), a bromid- (Br^-), a fluorid-ion (F^-), a *kationok* közül pedig a nátrium- (Na^+), kálium- (K^+), kalcium- (Ca^{2+}), magnézium- (Mg^{2+}), vas- (Fe^{2+} , Fe^{3+}), lítium- (Li^+), alumínium-ion (Al^{3+}). Az ásványvizekben főleg a vulkáni területeken szabad szén-dioxid (CO_2) is található. A víz földalatti útja során feloldott és elnyelt ásványi anyagok teljes mennyisége adja az összásványianyag-tartalmat (mineralizációt). Ennek összetétele elsősorban attól függ, hogy a víz milyen kőzetretegekkel érintkezett (KISGYÖRGY, et al 1978).

A földtani megfigyelések rámutatnak arra, hogy a kőzettípusok és a rajtuk keresztül feltörő ásványvíztípusok között szoros összefüggés van (BÁNYAI, 1934).

A víz beszivárgása során különböző mélységekig ér el. Ez a mélység függ a földtani viszonyoktól. Ahol a föld kérgén törések vannak, ott a víz olyan mélységekig juthat el, ahol a geotermikus gradiens értéke magas. Az innen feltörő víz hőmérséklete a felszínre jutáskor magasabb hőmérséklettel rendelkezik, mint a közismert források, kutak vizeinek hőmérséklete (SZABÓ, et al 1975).

A Székelyföldre jellemző ásványvizek a neogén vulkanizmussal hozhatók kapcsolatba, utóvulkáni jelenségekként értelmezhetőek. Az utóvulkáni megnyilvánulások alatt száraz gázömléseket, mofettákat (főleg CO_2 és H_2S) és számos különböző típusú ásványvíz-előfordulást értünk (PRICĂJAN, 1972). A Hargita-vonulat vulkáni láncát szülő óriási repedés következtében az erupciós zónától távolabb eső területeken is találhatunk szénsavas ásványvizeket és CO_2 gázfeltöréseket (BÁNYAI, 1934).

Az ásványvizek keletkezése szempontjából jelentősek a törésvonalak vagy vetők. Ezek biztosítják az utóvulkáni működések felfele vezető útját. Szerepet játszanak az ásványvizek előfordulásában, részt vesznek ezek mennyiségi eloszlásában is (PRICĂJAN, 1974). A Keleti-Kárpátokban az ásványvízfeltörés szempontjából 4 ásványvíz feltörési vonal különíthető el. Tusnádfürdő területén levő források a 3. feltörési vonalhoz, a vulkáni vonulat ásványvizei közé tartoznak. A tusnádfürdői vízkészletek a Hargita-hegység és a Csomád-hegység peremi, vulkanogén, üledékes övezetének piroklasztit breccsáiban, agglomerátumaiban, mikroagglomerátumaiban és andezit homokjaiban gyűltek össze (PRICĂJAN, 1974). Néhol a flis rétegekben, az Olt teraszüledékeiben vagy a törmelékanyagban tárolódnak (KISGYÖRGY, et al 1978).

Tusnádfürdőn kétféle ásványvíztípus ismert. Az első csoportot az andezites-lávák repedéseinek és andezites agglomerátumokban keringő ásványvizek, a másik csoportot a piroklasztikus eredetű kavicsokban és homokokban tárolt ásványvizek képezik (PRICĂJAN, 1974). Az Olt jobb partján az ásványvizek az andezit-lávák repedéseiből törnek a felszínre. A folyó bal partján a források a piroklasztit rétegekből táplálkoznak (PRICĂJAN, 1972). A vulkáni eredetű képződményekből fakadó ásványvizek különböző vízföldtani adottságokkal rendelkeznek az ásványtani és a közettani jelleg alapján.

Az andezites lávafolyások és vulkáni tufák kevésbé kedvezőek a vízmozgás és -tárolás szempontjából, vízátnemeresztő testeket képeznek, megakadályozzák a víz beszivárgását és mozgását. Ezekben a képződményekben a vízmozgás és -tárolás olyan helyeken valósulhat meg, ahol a vetők és törésvonalak keresztezik egymást (PÉTER, et al 2008).

A két part eltérő közettani felépítése kimutatható az ásványvizekben is. Az Olt nyugati partján az andezit-lávák repedéseiből fakadó ásványvizekre jellemző a rövid idejű felszín alatti

ti tartózkodás (PRICĂJAN, 1972) és az alacsony ásványisó-tartalom. Ezek az ásványvizek kalcium-magnéziumos típusúak (PRICĂJAN, et al 1981), gyengén radioaktívak (SZABÓ, 2005).

A folyó keleti partján az ásványvizek mélyebbről, a flis takaróredős övezetből törnek a felszínre, klóros típusú mezotermális vizek (PRICĂJAN, et al 1981), amelyek felszín alatti mozgásideje rövid (PRICĂJAN, 1972). A krétakori flis márgás-homokkőes rétegsorai gyenge víztartó és vízvezető képességgel rendelkeznek, nem tárolnak jelentős ásványvíztelepeket. Ezekből a rétegekből feltörő ásványvizek alacsony hozammal, helyenként nagy összmineralizációval, erőteljes szénsavas jelleggel rendelkeznek (PÉTER, et al 2008). A vizsgált ásványvizek valamint a terület nem ásványos vizeinek vizsgálata azt bizonyítja, hogy ásványi összetételük hasonló az édes vizekéhez, csak ezek gazdagabbak a szénsav jelenlétében oldódó sókban (PRICĂJAN, 1974).

A langyos források az egykori gejzirműködések utolsó maradványainak tekinthetők. Tusnádfürdön a felgyúrt homokkő réteg szélén találhatóak ilyen források (BÁNYAI, 1929). A geotermikus kutatások megállapították, hogy a Hargita-hegység ebből a szempontból egy regionális anomália terület 4–5 °C/100 m gradiens értékkel. A regionális anomália peremi részein helyi anomáliák azonosíthatóak, amelyek közül a Tusnádi-szorosban található a legjelentősebb eltérés. A helyi anomáliákat a 20 °C/100 izogradiens jelöli ki 1000 m-es mélyséig. A tusnádfürdői lokális anomália két maximumában (Csukás-tó, Tiszás-patak) a geotermikus gradiens értéke eléri a 30–40 °C/100 m-t (PÉTER, et al 2008).

1.5. Az ásványvizek közegészségügyi jelentősége

Az emberi szervezet külső források felhasználása által biztosítja a számára létfontosságú elemek szervezetbe való beépítését. A levegő oxigénje, az ivóvíz és az élelmiszerek nélkülözhetetlen elemei fejlődésünknek. Az emberi szervezet 21 olyan ásványi elemet (bioelemet)-épít be és hasznosít, melyek utánpótlása a külső források által történik meg, ezért ezeket az elemeket létfontosságú elemeknek nevezzük (ÉLTETŐ, 2004).

Az ásványvizek magas és változatos bioelemekben gazdag sótartalma, élettanilag fontos mikro- és makroelemeket tartalmaz, éppen ezért létfontosságú szervezetünk számára.

Egy adott elem létfontosságát a következő kritériumok határozzák meg:

- az élőlény nem képes fejlődni az adott elem hiányában
- az adott elemet semmi más elem nem képes helyettesíteni a szervezet életciklusában
- az adott elem közvetlenül hat a szervezet életciklusára

Az ásványvizekben ezen bioelemek túlnyomó része teljesen disszociált alakban van jelen. Ennek alapján elmondható, hogy az ásványvizek fő alkotó elemei a kationok és az anionok (SZILÁGYI, et al 2006).

1.5.1. Kationok

Az ásványvizekben előforduló, általunk vizsgált kationok: kalcium- (Ca^{2+}), magnézium- (Mg^{2+}), nátrium- (Na^+), kálium- (K^+), lítium-ion (Li^+).

➤ *Kalcium:*

A földkéreg és az élő szervezetek felépítésében az egyik legfontosabb elem. Az emberi szervezetben legnagyobb mennyiségben a csontokban és a fogakban van jelen. A csontokon és a fogakon kívül szerepe van a vér-szérumban lévő oldott kalciumnak is (CSANÁDY, 2008). A magnéziummal együtt felelős a normális szív működésért és vérkeringésért (<http://www.medaqua.hu/hu/a-vizben-elofordulo-asvanyi-anyagok-emberi-szervezetre-gyakorolt-hatasa>). Ionként az idegrendszer ingerületi állapotára van hatással, hiánya görcsöt okoz (<http://www.ervrt.hu/cgi-bin/index.php?hlid=33>). A szervezet a kalciumigényének nagy részét a táplálékból veszi fel, de az ivóvíz, főként az ásványvizek kalciumtartalma sem elhanyagolható (CSANÁDY, 2008). Az ember napi kalcium szükséglete 800 mg/l (<http://www.ervrt.hu/cgi-bin/index.php?hlid=33>).

➤ *Magnézium:*

A magnézium a szervezetben a kalcium mellett a másik legnagyobb mennyiségben előforduló kétértékű fémion. A fehérje, zsír és szénhidrát anyagcsere fontos eleme, szükséges az érrendszer, az idegek és az izmok működéséhez (<http://www.medaqua.hu/hu/a-vizben-elofordulo-asvanyi-anyagok-emberi-szervezetre-gyakorolt-hatasa>). Részt vesz az emberi csontozat felépítésében, valamint jelentős szerkezetstabilizáló szerepet tölt be (SZILÁGYI, et al 2006). Az ember napi magnézium szükséglete 300-350 mg/l (<http://www.ervrt.hu/cgi-bin/index.php?hlid=33>).

A kalcium-magnézium ionarány fontossága:

Az ásványvizekben található kalcium- és magnézium mennyisége hozzájárul a szervezet ásványianyag-ellátottságához. Ezen ásványi anyagok ionként kerülnek szervezetünkbe, az egészséges táplálkozás mellett kedvezően hatnak a szervezet működésére.

A két elem legjobban együtt fejti ki hatását. A szervezetbe való bevitelük ideális aránya 2:1. A magnézium a kalciummal együtt természetes nyugtatóként fejti ki hatását, segít a depressziós és stresszes állapotok kezelésében (PÁL, et al 2008).

➤ *Nátrium:*

A nátrium a szervezet minden szövetében megtalálható, szervezetünk folyadékháztartását szabályozza. Létfontosságú elem, a szervezetbe való bevitelében nem a víz szerepe a lényeges, hanem az élelmiszerek sózása. Kutatók szerint az ember az élelmiszerek fogyasztásakor túl sok sót fogyaszt, ezért a vizekben a sok nátrium jelenlétét nemkívánatosnak ítélik.

A mélyebb vízadó rétegekben a nátrium domináló kation, éppen ezért az elem gyakori a felszíni és a felszín-közei vizekben is. A Na-HCO₃-os, nagy sótartalmú ásványvizek közfogyasztásra nem alkalmasak, de bizonyos esetekben, pl. gyomorsav-túltengés esetében fogyasztása akár állandóan vagy csak kúraszerűen hasznos lehet. A Na-Cl-os (sós) vizek fogyasztása nem ivóvíz helyett, hanem pl. nagy izzadással járó tevékenység esetében, vagy orvosi utasításra, kúraszerűen ajánlható (CSANÁDY, 2008). Az emberi szervezet napi nátrium szükséglete 3-10 g (<http://www.ervrt.hu/cgi-bin/index.php?hlid=33>).

➤ *Kálium:*

A kálium az emberi szervezetben a sejteken belül, a sejtplazmában található meg, amelynek fontos alkotóeleme. Részt vesz a szervezet folyadékháztartásának szabályozásában, idegrendszeri ingerületek átvitelébe, sejtek energiaellátásában, valamint szükséges az izmok munkájához. Elősegíti a test salakanyagainak kiürítését, valamint közrejátszik a vérnyomás csökkentésében is (<http://www.medaqua.hu/hu/a-vizben-elofordulo-asvanyi-anyagok-emberi-szervezetre-gyakorolt-hatas>).

Az ásványvizekben kisebb koncentrációban fordul elő, mint a nátrium, ezért a káliumigény fedezésében a víznek nincs lényeges szerepe (CSANÁDY, 2008).

Az emberi szervezet napi kálium szükséglete 3-5 g (<http://www.ervrt.hu/cgi-bin/index.php?hlid=33>).

➤ *Lítium:*

A lítium hatással van az ember hangulatára. Az elem hiánya befolyásolja a szív és a keringési rendszer megbetegedését. Az emberi szervezet napi lítium szükséglete 20-30 mg (<http://www.ervrt.hu/cgi-bin/index.php?hlid=33>).

1.5.2. Anionok

Az ásványvizekben előforduló, általunk vizsgált legfontosabb anionok: hidrogén-karbonát- (HCO₃⁻), klorid- (Cl⁻) és szulfát-ion (SO₄²⁻).

➤ *Hidrogén-karbonát:*

A legtöbb természetes ásványvízben a hidrogén-karbonát a domináló anion. Az ivóvíz kellemes ízét, a kalcium- és magnézium-hidrogénkarbonát adja. Ezek hiányában a víz „üres”

ízű. Nincs információ arra nézve, hogy a szervezet anyagcsere-forgalmához szükség volna a hidrogén-karbonát-ion bevitelére (CSANÁDY, 2008).

➤ *Klorid:*

A klorid-ion a legtöbb vízben kisebb-nagyobb koncentrációban előfordul. Geológiai eredetű, a kőzetek mállása, oldódása során kerül a vízbe, valamint utak sózása, ipari és kommunális szennyvizek kibocsájtása következtében. Mélységi vizekben sós kőzetekből, tengeri maradványokból származik (a tenger vizében ez a domináló anion) (CSANÁDY, 2008). Az emberi szervezetben a klór a sejteken kívüli vizekben és a gyomorsavban fordul elő. Az emésztés folyamatát segíti, valamint közrejátszik a szervezet salakanyagainak eltávolításában (<http://www.medaqua.hu/hu/a-vizben-elofordulo-asvanyi-anyagok-emberi-szervezetre-gyakorolt-hatasa>).

Koncentrációja a nátriummal együtt a sós ásványvizekben jelentős (CSANÁDY, 2008).

A szervezet napi klorid szükséglete 3 g (<http://www.medaqua.hu/hu/a-vizben-elofordulo-asvanyi-anyagok-emberi-szervezetre-gyakorolt-hatasa>).

➤ *Szulfát:*

A szulfát-ion az ásványvizekben a harmadik legfontosabb anion. Geológiai eredetű, kéntartalmú kőzetek mállásából, gipsz oldódásából, szennyvizekből, valamint ipari szennyeződés révén is belekerülhet az ásványvízbe. Előfordulhat mélységi vizekben is, de a jelentős szulfát-koncentrációjú vizek nem a mély rétegekből származnak (CSANÁDY, 2008). Reduktív közegben kénhidrogénné redukálódhat. Nagy mennyiségben a vizet agresszívvá teheti. A szulfát segíti a gyomorműködést, magasabb koncentráció esetén (500-600 mg/l felett) hashajtó hatású (<http://www.ervrt.hu/cgi-bin/index.php?hlid=33>).

1.5.3. Nehézfémek

A nehézfémek az ásványvizek, ivóvizek egyik szennyező csoportját képezik.

➤ *Kadmium:*

A kadmium a vizekbe olyan üzemek szennyvizéből kerülhet bele, amelyek ezen elem előállításával foglalkoznak, kioldódhat fémötvözetű vízcsövekből, valamint ipari hulladékokból is belekerülhet az ásványvizekbe. Laboratóriumi kísérleti állatoknál rákot okozott, így kapcsolatba hozható az emberben kialakuló rákkal is (<http://www.ervrt.hu/cgi-bin/index.php?hlid=33>). A kadmium a nehézfémek veszélyességi listavezetője. Felhalmozódik a májban és a vesékben, nehezen ürül ki a szervezetből.

➤ *Cink:*

5 mg/l koncentráció felett keserű, fanyar ízt okoz az ásványvizekben. Nagy mennyiségű cink fogyasztása az emberi szervezetre mérgező. A vízben való jelenléte ipari szennyezés eredménye lehet. A cink fenntartja és biztosítja a sejtek épségét, részt vesz a vércukorszint szabályozásában, szerepe van a sebgyógyulásban és az immunrendszer működésében. Nélkülözhetetlen a fehérjék és a DNS szintéziséhez (<http://www.ervrt.hu/cgi-bin/index.php?hlid=33>). Cinkhiány az étvágy és az ízlelési érzék érezhető csökkenéséhez, vérszegénységhez vezethet (<http://www.medaqua.hu/hu/a-vizben-elofordulo-asvanyi-anyagok-emberi-szervezetre-gyakorolt-hatasa>).

➤ *Réz:*

A rézre szükség van, hogy a szervezetben a vas a hemoglobinba beépüljön. Nélkülözhetetlen a C-vitamin felhasználásához. Hiánya ritkán fordul elő, ha mégis vérszegénység, ödéma léphet fel, továbbá előfordulhat a csontrendszer fejlődési zavara (<http://www.medaqua.hu/hu/a-vizben-elofordulo-asvanyi-anyagok-emberi-szervezetre-gyakorolt-hatasa>). Az ember napi rézszükséglete 2-3 mg, amelyet a táplálék fedez (<http://www.ervrt.hu/cgi-bin/index.php?hlid=33>).

➤ *Ólom:*

Az ólom eredete a vízben lehet ipari-, bányászati- és kohászati szennyezés, vagy régi vízvezetékekből való kioldódás. A szervezetbe bekerült ólom bizonyos határok felett halmozódik és mérgezést okozhat. Káros hatásai: fejfájás, nyugtalanság, tartós gyengeség, memóriazavar, bélgörcsök, depresszió, álmatlanság, vesekárosodás (http://vizlabor.shp.hu/hpc/web.php?azonosito=vizlabor&oldalkod=veszelyes_anyagok_az_iv_ovizben_RFJ1).

1.5.4. Szennyező szerves anyagok

A szennyező anyagok az ásványvizekben olyan termékek, amelyek főként külső tényezők hatására kerülnek bele a vizekbe, szervezetükre gyakorolt hatásuk akárcsak a nehézfémek esetében káros.

➤ *Ammónium-ion:*

Az ammónium-ion a vizekbe trágyázással, szennyvízzel, elhalt szerves anyag bomlásával kerülhet. Az élő szervezetek lebomlásakor ammónia keletkezik. Oxidatív környezetben nitrattá majd nitráttá alakul (nitrifikáció). Védett, mélységi vizekben anaerob folyamatként játszódik le a nitrát redukciója ammónium-ionná (<http://www.medaqua.hu/hu/a-vizben-elofordulo-asvanyi-anyagok-emberi-szervezetre-gyakorolt-hatasa>). Az ivóvizekben már kis

menyiségben is elősegíti a baktériumok szaporodását (<http://www.medaqua.hu/hu/a-vizben-elofordulo-asvanyi-anyagok-emberi-szervezetre-gyakorolt-hatasa>).

➤ *Nitrát:*

A tiszta, természetes környezetben gyakorlatilag nem fordul elő, napjainkban azonban egyre ritkább az ilyen tiszta állapot. A leggyakrabban előforduló szennyező anyag, amely a mezőgazdasági nitrogén műtrágya felhasználás vagy gondatlan szennyvízkezelés következtében kerül be a talajvízbe, és onnan az ásványvizeinkbe. Oxidatív úton ammónium-ionból is lebomolhat nitrifikáció útján. A szervezetbe emésztő- és kiválasztó-szervi daganatok összefüggésbe hozhatók az ivóvíz nitrát-tartalmával, testi és szellemi elmaradottságot okoz (CSANÁDY, 2008).

1.5.5. Baktériumok

A víz által terjedő betegségekért elsősorban a bélcsatornából származó mikroorganizmusok a felelősek. A fekális szennyeződés indikátorai a coliform baktériumok, a fekális coliformok (pl. *Escherichia coli*), a fekális *Enterococcusok* és a *Clostridiumok* (MÁTHÉ, et al 2005). 22°C-on a főként a vízben, talajban természetes módon előforduló baktériumok szaporodnak el, míg 37°C-on a melegvérűekhez alkalmazkodott, többnyire a bélcsatornájából származó baktériumok (OGAKI, et al 2003). Az ásványvizekben természetes körülmények között a bakteriális összcsíraszám kicsi, így ha a vizsgálatok során ez a szám magasnak bizonyul, akkor külső szennyeződésről lehet szó, és ilyenkor akár patogén mikrobák megjelenése is várható.

A coliform baktériumok az állati és emberi bélcsatornában is előforduló baktériumok, amelyek egy része patogén. A csoportra jellemző, hogy gázképzéssel erjesztik a tejcukrot (laktózt) 35–37 °C-on, 48 órán belül. A fekális coliformok olyan coliform baktériumok, amelyek képesek a laktózt fermentálni 44°C-on is. Ide tartozik pl. az *Escherichia coli*, amely a normális fakultatív anaerob bélbiota tagja, és amelynek egyes törzsei patogének (pl. O157-es törzs) és leggyakrabban bélgyulladást váltanak ki (DOYLE, et al 2001).

A fekális *Enterococcusok* egyes fajai emberi és állati megbetegedéseket okozhatnak, de az egészséges emberi vagy állati szervezet is hordozhatja őket (MÁTHÉ, et al 2005).

A *Clostridium* fajok előfordulnak a talajban, felszíni vizekben, több fajuk él az emberi és állati bélcsatornában is (CZIRÓK, 1999). Számos *Clostridium* faj toxinokat termel (neurotoxinok, citotoxinok, enterotoxinok, nekrotizáló toxinok stb.), melyek szerepet játszanak különböző betegségek kiváltásában. A csoport fő képviselője a *Clostridium perfringens*, amely az emberi és állati bélcsatorna gyakori lakója, és ételmérgezést okozhat.

A *Clostridiumok* szulfitredukáló baktériumok, a spóráik révén hosszabb ideig képesek a vízben élni. Széles körben elterjedtek, megtalálhatók talajokban, felszíni vizekben, de sok fajuk él az ember és az állat bélrendszerében is (MÁTHÉ, et al 2005).

Ha az anaerob *Clostridiumok* jelen vannak, akkor a szulfitot szulfiddá redukálják, amely a tápközegben megtalálható kétvegyértékű vassal fekete színű FeS csapadékot képez, így a tápveles fekete színűvé válik (MADIGAN, et al 2009).

1.5.5.1. Székelyföldi ásványvizek mikrobiológiai vizsgálata

A csíkszeredai Sapientia Erdélyi Magyar Tudományegyetem oktatói többször is vizsgáltak olyan ásványvizeket mikrobiológiai szempontból, amelyeket előszeretettel fogyasztanak úgy az adott helyen lakó emberek, mint az oda látogató személyek.

2004-ben és 2005-ben a következő falvak borvízforrásait vizsgálták: Csíkkarcfalva (Madicsa), Csíksomlyó, Csíkszentkirály (Borsáros forrás), Csatószeg, Tusnádfalu.

A 2004-ben kapott eredmények eltérnek a 2005-ben kapott eredményektől. 2004-ben kimutatták, hogy mikrobiológiai szempontból a leginkább kifogásolható ásványvíz a csatószegei borvíz, mert a fúrás a falu központjában található, és védterület hiányában a szennyvíz akadálytalanul szivárog a víztároló rétegekbe a beszivárgási övezetben létesített gazdaságokból (BOTH, et al 2004).

2005-ben a vizsgálatok kimutatták, hogy csatószegei ásványvíz mikrobiológiai szempontból javult, ivóvízként fogyasztható. Rámutattak arra, hogy a tusnádi borvíz esetében a magas coliszám a szaprofita baktériumok jelenlétére utal, mert más bélcsatornából származó baktériumok nem mutathatók ki.

A higiéniai állapot javulása 2004-hez képest a források rendezettebb környezetének, elfogadhatóbb állapotával magyarázható (GYÖRGY, et al 2005).

Ezekon kívül Szentegyháza határában valamint Gyergyóremetén előforduló ásványvizeket is mikrobiológiai vizsgálatnak vetették alá.

Szentegyháza határában vizsgált források közül mikrobiológiai szempontból kifogásolható a Nádasszéki-forrás. A szennyezettség oka a forrás rossz kialakítottságával és környezetének rossz higiéniai állapotával hozható összefüggésbe (MÁTHÉ, et al 2006). A bakteriológiai vizsgálatok során kimutatták, hogy a gyergyóremetei források esetében tavasszal az Árok melletti forrásból vett mintában a coliform baktériumok száma meghaladta a megengedett határértéket, nyáron pedig kimutatható volt az *Escherichia coli* és a *Clostridium* baktériumok jelenléte. A Güdüc-patak mentén található forrásban az *Escherichia coli*, a *Clostridium* és az *Enterococcus* baktériumoknak a száma a megengedett határérték fölött volt (BALÁZS, et al 2006).

2. Anyag és módszer

Kutatásunkban olyan tusnádfürdői ásványvízforrásokat vizsgáltunk, amelyeket előszeretettel használnak és fogyasztanak a helyi lakosok, a városba látogató turisták, valamint olyan ásványvizeket is, amelyeket ivókúrákra ajánlanak. Ezek az ásványvízforrások a következők: Erdei-fúrás, Veresvízi-fúrás (322IFLGS), Alsótiszáspataki-forrás, Rezső- vagy Ilona-forrás, Apor- és Mikes-forrás, Komlósároki-forrás, Főkút vagy Stănescu bis-forrás, Rudi-forrás, Béka- vagy Ifjúság-forrás (lásd: *Mellékletek: 1. térkép*).

A kutatás során több módszert alkalmaztunk: szakirodalmi konzultáció, terepi felmérés, laboratóriumi mérések.

A szakirodalmi konzultáció 2011. októberében kezdődött el, és 2012. március havában fejeződött be.

Kétszer vizsgáltuk meg az ásványvízforrásokat. Az első terepi felmérés 2011. október 14-én történt. Az első felméréskor 9 forrást vizsgáltunk meg: Erdei-fúrás, Veresvízi-fúrás, Alsótiszáspataki-forrás, Ilona-, Apor-, Mikes-forrás, Főkút, Rudi- és Komlósároki-forrás. A második terepi felmérés 2012. február 12-13-án volt, ekkor 8 forrásból vettünk mintát: Alsótiszáspataki, Ilona-, Apor-, Mikes-, Rudi-, Komlósároki- és Ifjúság-forrás.

A források térbeli helyzetének a rögzítéséhez Garmin GPS Map 60 terepi helyzetmeghatározót használtunk.

Laboratóriumi vegyi elemzésre a vízmintákat 63%-os HNO_3 -al tartósítottuk, majd az elemzésig hűtve tároltuk.

2.1. A mintavételi terület jellemzése

Tusnádfürdő északi bejáratánál, a Csomád vulkáni kúp nyugati lábánál a Felső Tiszáspatak forrásvidékén törnek fel a Veresvízi források. Az itt fúrt 322 IFLGS Veresvízi-fúrás 730 m mélyről tör a felszínre, Na-Cl típusú vizével.

Az Alsó Tiszáspatak időszakos vízfolyása a Felső Tiszáspatakától délre húzódik. völgyében található az Alsótiszáspataki-forrás, amely kővel van kirakva és köpűvel van ellátva. A forrás vize Na-Ca-Mg- HCO_3 -Cl típusú.

Az Anna-sétányon található Rezső- vagy Ilona-forrás. A forrás az alatta levő mezotermál strandként működő Rezső-fürdőt táplálja.

A sétány végén található az Apor- és a Mikes-forrás. Mindhárom forrás a kárpáti homokkő rétegekből fakad, azonos Na-Cl- HCO_3 típusú vizük van.

A Csukás-tótól délre, az Olt bal partján levő piroklasztit üledékből tör a felszínre a Rudi-forrás Na-Ca- HCO_3 típusú vize.

A város déli részén található a Főkút vagy Stănescu bis-forrás, vize Na-Mg-HCO₃ típusú.

A Kemping-telep északi sarkánál levő Béka- vagy Ifjúság-forrás vizének típusa Ca-Na-HCO₃-SO₂.

Tusnádfürdő déli kijáratánál, az Olt bal partján található a Komlósároki-forrás, amely faköpűbe van foglalva, vize Na-Ca-Cl-HCO₃ típusú. (JÁNOSI, et al 2009)

2.2. Helyszíni fizikai-kémiai mérések

A helyszíni méréskehez a Székelyföldi Ásványvíz Katasztert kutató csoport terepi műszerei álltak a rendelkezésünkre: hagyományos higanyos hőmérő, THERMO elektródás multiparaméter-mérő (vízhőmérséklet, elektromos-vezetőképesség, pH mérés), Merk RQflex 10 plus reflektométer (Ca²⁺, Mg²⁺, NH₄ mérés), Nitracheck (NO₃ mérés). Hagyományos laboratóriumi módszerrel (titrálás 0,1 N HCl-val) mértük a víz hidrogén-karbonát (HCO₃) és szabad szén-dioxid (CO₂) tartalmát. Szabad szén-dioxid tartalom mérése: 10 ml, 0,1 N NaOH+10 ml minta+pár csepp fenolftalein+titrálva 10 ml 0,1 N HCl. Hidrogén-karbonát mérése: 10 ml minta+pár csepp metilnarancs+titrálva 10 0,1 N HCl.

A Merk Rqflex plus 10 reflektométer 0,1 mg/l-nél kisebb NH₄ tartalmat, a Nitracheck 5 mg/l-nél alacsonyabb NO₃ tartalmat nem tud kimutatni (k.h.a. = kimutatási határ alatt).

2.3. Laboratóriumi vegyi elemzések

A kolozsvári Babeş–Bolyai Tudományegyetem E Kémia és Vegyészmérnöki Magyar Intézetén Kékedy-Nagy László tanár úr vezetésével kémiai szempontból elemeztük a mintáinkat. A laboratóriumi mérések során a következő elemeket mértük: kationok (Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺, K⁺, Li⁺), anionok (Cl⁻, HCO₃⁻, SO₄²⁻), nehézfémek (Cd, Zn, Cu, Pb).

A Cl⁻-iont potenciometriás titrálással Titroprocessor 670 Metrohm műszerrel, a Ca-Mg mennyiséget komplexometriás titrálással, a Na⁺, K⁺, Li⁺ elemeket Perkin-Elmer 373 lángfotometriás műszerrel, a SO₄-et a minták vegyi előkészítése után T+70 UV/Via spektrofotométerrel, a nehézfémeket pedig VA 797 Computrace Metrohm műszerrel, voltametriás módszerrel határoztuk meg.

Az adatokat Excel adatbázisba rögzítettük, amely egyszerű és gyors visszakereshetőséget biztosít.

A források víztípusának meghatározásához az AquaChem v3.70 programot használtunk. A forrásokat anion (Ca²⁺, Na⁺, Mg²⁺) és kation (HCO₃, Cl⁻, SO₄²⁻) tartalmuk szerint Piper diagramon ábráztuk (lásd: Mellékletek: 2. ábra). Továbbá excelben viszonyítottuk a mért értékeinket a különböző vízminőségre vonatkozó törvényekhez

(<http://www.lenntech.com/who-eu-water-standards.htm>, Európai Tanács 98/83 Az emberi fogyasztásra szánt víz minőségéről, A román Kormány 1020/2005-os rendelete a természetes ásványvizek kitermelésére és kereskedelmére vonatkozóan).

Az adatok térképi megjelenítését a Global Mapper 8 térinformatikai programmal végeztük (lásd: Mellékletek: 1. térkép).

Április elején voltunk a tusnádfürdői GOSCOM Tuşnad S.R.L.-nél. Megvizsgáltuk a város P.U.G.-ját (Plan Urbanistic General) és a szennyvízelvezető-csatornarendszerét.

2.4. Mikrobiológiai vizsgálatok

A csíkszeredai Sapientia Erdélyi Magyar Tudományegyetem Biomérnöki Tanszékén Máthé István tanár úr segítségével mikrobiológiai vizsgálatot végeztünk a februári vízmintáinkon.

Az *aerob mezofil telepképző baktériumok* összcsíraszámának meghatározása 37°C -on illetve 22°C-on (EN ISO 6222:1999 európai szabvány) lemezöntéssel történt, nutrient tápagar használatával.

Coliformok illetve *fekális coliformok* kimutatása (STAS 3001/91) fenolvörös indikátorfestéket tartalmazó laktózleves használatával történt. *Coliform* baktériumok jelenlétében a fenolvörös indikátort tartalmazó, kezdetben piros színű laktózleves (bázikus közeg) a laktóz erjesztése során keletkező savak hatására sárga színűvé válik (savas közeg), és a keletkező gázok megfigyelhetők a Durham csövecskében.

A *szulfít-redukáló anaerob baktériumok* (*Clostridiumok*) kimutatása parafinnal légmentesen lezárt *Clostridium* differenciáló tápleves (*Clostridial Differential Broth*) használatával történt.

3. Eredmények és tárgyalás

3.1. Fizikai-kémiai vizsgálatok

Az általunk vizsgált 10 tusnádfürdői forrásvíz fizikai-kémiai vizsgálatának eredményeit az 1. táblázat foglalja össze (pH, hőmérséklet, elektromos vezetőképesség, CO_2 -, HCO_3^- -, Cl^- -, SO_4^{2-} -, Ca^{2+} -, Mg^{2+} -, Na^+ -, K^+ -, Li^+ -tartalom). A forrásokban mért szennyező anyagokat a Melléklet 2. táblázatában összesítettük.

A legsavasabb az Ifjúság-forrás 5,42-es pH-val, a Főkút semlegesnek mondható, mivel összszel 7,03-as pH értéket mértünk (lásd: Mellékletek 1. táblázat).

Az egyes tusnádfürdői források vizének őszi és téli hőmérsékleti értékei nem különböznek jelentősen egymástól, az eltérés nem több 2°C foknál. Kivételt képez a Komlósároki forrás, melynek őszi hőmérséklete 12°C , a téli hőmérséklete pedig $4,2^\circ\text{C}$ volt.

A források vizének vezetőképessége $339\ \mu\text{S}/\text{cm}$ és $7,33\ \text{mS}/\text{cm}$ között változik. A legkisebb vezetőképessége az Ifjúság-forrásnak, a legnagyobb az Ilona-forrásnak van.

A legmagasabb szabad CO_2 tartalommal az Alsótiszáspataki-forrás ($2244\ \text{mg}/\text{l}$) rendelkezik, míg a legalacsonyabbat a Mikes-forrásban ($1100\ \text{mg}/\text{l}$) mértünk. Szabad CO_2 tartalmat nem sikerült mérnünk télen a nagyon alacsony kinti hőmérséklet és a nagy hó miatt.

A források HCO_3^- tartalma $549\ \text{mg}/\text{l}$ és $3782\ \text{mg}/\text{l}$ értékek között változik. Előbbit a Komlósároki-forrás vizében, az utóbbit pedig a Főkút vizében mértük.

A források kémiai paraméterei alapján (fő anionok és fő kationok) Piper diagramot készítettünk, amely segítségével újrateráztuk a tusnádfürdői vizek típusát (lásd: Mellékletek: 2. ábra).

A két háromszögben az ásványvizek elhelyezkedését a bennük található anionok és kationok határozzák meg. A források rombuszban való helye a kationos és az anionos háromszögektől függ. Az adott forrás helyét a rombuszban úgy kapjuk meg, hogy a két háromszögből a forrás helyzetpontját meghosszabbítjuk, és ezen meghosszabbított vonalak metszéspontja adja meg a rombuszban az adott forrás helyét, vagyis az ásványvíz típusát.

A jobb oldali háromszög az anionok alapján, a bal oldali háromszög a kationok alapján csoportosítja a forrásokat. A rombusz összesíti az anionok és kationok alapján a víztípusokat.

A tusnádfürdői források egyik meghatározó anionja a Cl^- -ion, amely az Ilona-forrás és a Főkút kivételével mindegyik forrás esetében dominál. A kationok közül több mint 60 tömegszázalékban található meg a forrásokban. A kivételt képező két forrásnál a Cl^- -ion helyett a HCO_3^- -ion van túlsúlyban, több mint 80 tömegszázalékban fordul elő.

A kationok közül két forrás kivételével (Erdei-fúrás és Veresvízi-fúrás) a Na^+ és a K^+ tartalom határozza meg a borvizek típusát. A kivételt képező források a városon kívül, a dominánsan Na-típushoz sorolható források pedig a városban találhatók.

A Piper diagram alapján megállapítottuk a források víztípusát. Három csoportot különítettünk el: dominánsan Ca-Mg-Cl-os típusú források: Erdei-fúrás, Veresvízi-fúrás, dominánsan Na- HCO_3 típusú, Ilona-forrás, Főkút, és dominánsan Cl- HCO_3 típusú források: Alsótiszáspataki-forrás, Apor-forrás, Mikes-forrás, Rudi-forrás, Komlósároki-forrás.

A kation nélküli víztípusok esetében a forrás helye a háromszög közepében van, ami arra utal, hogy nincs domináns kationja az adott forrás víztípusának.

A szakirodalom szerint a források víztípusa a következő: Veresvízi-fúrás: Na-Cl, Alsótiszáspataki-forrás: Na-Ca-Mg- HCO_3 , Ilona-forrás: Na-Cl- HCO_3 , Apor-forrás: Na-Cl- HCO_3 , Mikes-forrás: Na-Cl- HCO_3 , Főkút: Na-Mg- HCO_3 , Rudi-forrás: Na-Ca- HCO_3 és Komlósároki-forrás: Na-Ca-Cl- HCO_3 (JÁNOSI, et al 2009).

A két víztípus meghatározás között hasonlóság van, teljes egyezés csak az Apor-forrás esetében fordul elő. A szakirodalom nem világosít fel, hogy milyen módszert használtak a források víztípusának vizsgálatához, és hivatkozás hiányában nem tudtunk utána nézni hogy milyen módszerrel történt a források víztípusának meghatározása. Nem Feltételezésünk szerint ez azért van, mert a víztípusok meghatározása nem ugyanazon módszerrel történt.

A következőkben azt vizsgáljuk, hogy a források kalcium, magnézium és lítium tartalma az ember napi szükségletének hány százalékát teszi ki.

Szervezetünk napi kalcium szükséglete 800 mg, melynek nagy részét a tápanyagok szolgáltatják, de fontos szerepe van az ásványvizek kalcium tartalmának is. A források közül a Főkút vizének 1 liter mennyiségű napi fogyasztása a napi kalcium szükséglet 40%-át fedezi. Több mint 35%-ot fedez a Veresvízi-fúrás vizének valamit 27%-ot fedez az Ilona-forrás 1 liter vizének a fogyasztása. Megemlítendő, hogy a nagyon kedvelt, ivókúrára ajánlott Apor- és Mikes-források a napi kalcium-szükségletnek csak 9,44 %-át fedezik. A napi kalcium bevételhez a legkisebb mértékben a Komlósároki-forrás járul hozzá (8,5%) (lásd: *Mellékletek: 3. ábra*).

Az emberi szervezet napi magnézium-szükséglete 300-350 mg. A források közül a Főkútnak van a legmagasabb magnézium-tartalma 123 mg/l (lásd: *Mellékletek: 1. táblázat*). Ez a mennyiség a napi szükséglet 35%-át teszi ki. A Veresvízi-fúrás vizének fogyasztása a naponta ajánlott magnézium mennyiségnek közel negyedét fedezi. A legalacsonyabb magnézium-tartalma a Mikes-forrásnak van, a forrás 1 literében a napi magnézium szükségletnek csupán a 4%-a található (lásd: *Mellékletek: 4. ábra*).

Szervezetünk napi lítium szükséglete 25 mg. A tusnádfürdői források közül az Ilona-forrás és a Veresvízi-fúrás lítium tartalma több mint 15%-al járul hozzá a szervezet napi szükségletéhez. A többi forrás átlagosan 6,3%-ban fedezi a szervezet napi lítium mennyiségét (lásd: *Mellékletek: 5. ábra*).

Az ásványvizekben az ideális kalcium-magnézium ionarány 2:1 (Pál, et al 2008, Karppanen et al 1978). Az általunk vizsgált források közül a Rudi-forrás, az Erdei-fúrás, a Komlósároki-forrás és a Főkút vizének kalcium-magnézium ionaránya közelíti az ideális 2-es értéket (lásd: *Mellékletek: 6. ábra*). A közkedvelt Apor- és Mikes-forrás kalcium-magnézium aránya távol esik az optimális 2-es értéktől (lásd: *Mellékletek: 6. ábra*). A vizsgált források közül a Mikes-forrás ionaránya a legmagasabb (lásd: *Mellékletek: 6. ábra*).

A *Mellékletben* található 3. táblázatban szerepelnek a WHO (Nemzetközi Egészségügyi Világszervezet), az Európai Unió és Románia által az ivóvízben megengedett határértékek a szennyező anyagokra vonatkozóan.

Vannak olyan források, amelyeknél nincsen mért adat. A téli mérés során a nagy hó miatt nem tudunk kimenni az Erdei- és a Veresvízi-fúráshoz, az őszi mérés alkalmával elmaradt az Ifjúság-forrás vizsgálata. A hiányt pótoltuk a téli terepezés során. A Főkút télen nem működött, ezért nincsen téli adata az ábrákon.

A többi forrás esetében, ahol nincs számszerűsített adat az az adott forrásban előforduló szennyező anyag alacsony értékének köszönhető, mert egy meghatározott érték alatt nem mér a műszer szennyezőt. A nitrát esetében a kimutatásai határ 5 mg/l, az ammónium-ion esetében pedig 0,1 mg/l. Az ilyen eseteknél a k. h. a. rövidítést használtuk (kimutathatási határ alatt).

A WHO, az EU és hazánk által ivóvízre elfogadott nitrátra vonatkozó határérték 50 mg/l. Tusnádfürdő esetében csak a Veresvízi-fúrás nitrát-tartalma haladja meg a határértéket 3 mg-mal (lásd: *Mellékletek: 7. ábra*). A többi forrás nitrát-tartalma a határérték alatt van. Az Alsótiszáspataki-, a Rudi- és a Komlósároki-forrás esetében nagyobb nitrát értékeket mértünk februárban, mint októberben, amikor a nitrát mennyisége 5 mg/l alatt volt.

A fúrás magas nitrát tartalmára nem sikerül magyarázatot találni, mivel a környezetében nincsenek mezőgazdasági megművelt területek.

A WHO elfogadott határértéke az ammónium-ionra nem egyezik az EU és Románia által megengedett ammónium-ion határértékkel. Az előbbi legfeljebb 0,2 mg/l, hazánk és az EU 0,5 mg/l ammónium-iont enged meg az ásványvizekben (lásd: *Mellékletek: 8. ábra*).

Az ábra alapján elmondható, hogy a rendeletek értelmében egyedül az Alsótiszáspataki-forrás ammónium-ion tartalma megfelelő. A Mikes-forrás és az Erdei-fúrás eleget tesz az Európai Unió és a romániai feltételeknek. A többi forrás ammónium-ion tartalma kifogásolható. A legmagasabb ammónium-ion tartalma a Komlósároki-forrásnak és az

Ilona-forrásnak van. Az őszi mérések magasabb ammónium-ion tartalmat mutatnak, mint a téliek.

Az ammónium a talajba elsősorban trágyázás, szennyvíz és elhalt szervezetek bomlása révén kerül be. Az Ilona-forrás a város gerincét képező Anna-sétányon található, a városi strand fölött. A legközelebbi háztartás a forrás fölötti dombon van. A Rudi-forrás az Olt bal partján, a vasút mellett található. A forrás fölötti háztartás van. A Főkút a Malom utca elején található. A forrás fölötti utca mentén háztartások vannak. Feltételezzük, hogy a háztartások és a források a megengedett határérték fölötti ammónium-ion tartalma között összefüggés van.

A városnak van szennyvízelvezető-csatornarendszere (lásd: *Mellékletek 2. térkép*), ennek ellenére az ásványvizek ammónium-ion tartalma magas. A csatornarendszernél többször előforduló csőtöréssel magyarázható a források magas ammónium-ion tartalma

Az Alsótiszáspataki-forrás a város északi bejáratánál, az Olt bal partján, a domb alatt található. Alacsony ammónium-ion-tartalma feltételezésünk szerint annak köszönhető, hogy a forrás több mint 50 m-es körzetében egyetlen háztartás sem található.

A WHO és a román törvény értelmében az ásványvizekben a megengedett kadmium-tartalom $3 \mu\text{g/l}$. Az Európai Unió rendeletében a kadmiumra vonatkozó határérték $5 \mu\text{g/l}$.

A legmagasabb kadmium-tartalma a Rudi forrásból vett téli mintának van, de ez az érték a megengedett érték hatoda (lásd: *Mellékletek: 9. ábra*).

Mivel Tusnádfürdőn egyetlen olyan ipari üzem sem működik, amely kadmiumot használ, elmondható hogy a kadmium a forrásokban nem ipari úton kerül bele.

A kadmium kioldódhat a fémötvözetű vízcsövekből és az elektronikai hulladékokból is belekerülhet a vízáadó rétegbe és innen a forrásokba.

WHO a cink határértékét $3000 \mu\text{g/l}$, a romániai rendelet $5000 \mu\text{g/l}$ értékben határozta meg.

A legtöbb cinket $8 \mu\text{g/l}$ -t az Alsótiszáspataki-forrás őszi mintájából mutattuk ki (lásd: *Mellékletek: 10. ábra*). Ez az érték közel négyszázszor kisebb a határértéknél, éppen ezért elmondható, hogy a források cink-tartalma elhanyagolható.

Romániában az ásványvizekben a megengedett réz tartalom $1000 \mu\text{g/l}$, a WHO és az EU rendeleteiben ez az érték magasabb, $2000 \mu\text{g/l}$.

A megvizsgált források közül a legmagasabb réz tartalmat, $5 \mu\text{g/l}$ az Apor és az Ifjúság forrásoknál mutattuk ki. Ez az érték a román határértéknél kétszázszor kisebb (lásd: *Mellékletek: 11. ábra*).

Mivel Tusnádfürdő földtani felépítésében a vulkanikus eredetű kőzetek dominálnak, ezért a réz is és a cink is kioldódhat ezekből a kőzetekből.

A WHO, az EU és a román törvények is azonos határértéket állapítottak meg az ásványvizek ólom tartalmának. 10 µg/l a még megengedett ólom érték, ami előfordulhat az ivóvizekben.

A legmagasabb ólom tartalma 5 µg/l a Veresvízi-fúrásnak van. Ez az érték a megengedett határérték fele (lásd: *Mellékletek: 12. ábra*). Az ábrán látható, hogy az ősszel vett mintákban magasabb az ólom, mint a téli mintáknál. Ez az őszi magas talajvízzel magyarázható.

A Veresvízi-fúrás ólom-tartalmára nem sikerült egyértelmű magyarázatot találni. Azt feltételezzük, hogy az ólom a fúrás régi, rozsdás csövéből került bele a forrás vizébe.

Az ólom kioldódhat a régi vízvezetékcsövekből. A városban számos elhanyagolt lakóház van. Az ezekben található csövek is hozzájárulhat a városban található források ólommal való szennyezettségéhez.

3.2. Higiéniai-bakteriológiai vizsgálatok

A bakteriológiai vizsgálatok során az aerob mezofil telepképző baktériumok 22 °C-on a legtöbb telepet az Ifjúság-forrás mintájában képezték (lásd: *Mellékletek 14. ábra*). A telepek száma (47 TKE – Telepképző egység) a megengedett határérték fele (lásd: *Mellékletek 2. táblázat és 14. ábra*). Az Alsótiszáspataki-forrás esetében nem mutattunk ki baktériumokat. A Rudi- illetve az Apor-forrásban a telepszámok átlaga 19 illetve 16,5 TKE.

A baktériumok telepszáma 37 °C-on az Apor-forrás esetében volt a legmagasabb (lásd: *Mellékletek 15. ábra*). A regisztrált érték (4,5 TKE) a megengedett határérték egyötöde. A legkisebb telepszám az Alsótiszáspataki-forrás esetében volt (1 TKE) (lásd: *Mellékletek 15. ábra*).

A coliform baktérium vizsgálatok a Rudi-forrás esetében néhány minta pozitívnak bizonyult 37°C-on (sárga szín megjelenése), amelyek közül két cső esetében volt egy kevés gázképződés is. Ugyanakkor 44°C-on egyetlen esetben sem mutattunk ki fekálcolit, ezért minden bizonnyal nem bélcsatorna eredetű coliform baktériumokról van szó. Ezek a baktériumok valószínűleg a talajból kerültek a forrásvízbe.

Az eredmények alapján a borvízmintákban kimutatott baktériumok a talajból származnak, talajhatásra utalnak, valószínűleg felszíni szennyezések. Egyetlen kirívó eredmény sem volt, azaz higiéniai-mikrobiológiai szempontból elfogadhatóak a vizsgált vizek a mintavétel időpontjában (2012. február 13.).

3.3. Az Általános Városrendezési terv (P.U.G.) vizsgálata

A város Általános Városrendezési Terve (P.U.G.) szerint Tusnádfürdön 44 természetes forrás és fúrás található összesen, melyek közül csak 6 forrást használnak a gyógykezelés céljából. A 6-ból 4 forrást használnak kúraszerű kezelésekre. Ez a 4 forrás a következő: Főkút, Ilona-, Apor- és Mikes-forrás (P.U.G., Vol. 1.).

A négy forrás közül legjobban a Főkút elégíti ki a napi kalcium *(lásd: Mellékletek 3. ábra)* és magnézium *(lásd: Mellékletek 4. ábra)* szükségletet. A kalcium-magnézium optimális ionarányához is ennek a forrásnak a vize áll a legközelebb 2,59-es értékkel.

A legtöbb nitrát és ammónium-ion tartalma az Ilona-forrásnak van *(lásd: Mellékletek 7. és 8. ábra)*, a többi három forrás esetében a nitrát tartalom a kimutatási határ alatt volt (kevesebb, mint 5 mg/l), a legalacsonyabb ammónium-ion tartalmat a Mikes-forrás esetében mérünk *(lásd: Mellékletek 8. ábra)*.

A nehézfémek közül az Ilona-forrásnak van a legmagasabb kadmium tartalma, 0,3 µg/l *(lásd: Mellékletek 9. ábra)*. A tusnádfürdői GOSCOM K.F.T.-től kapott térképre, amely a város csatornarendszerét ábrázolja *(lásd: Mellékletek 2. térkép)* a Global Mapper 8-as térinformatikai programmal ráhelyeztük az általunk vizsgált forrásokat. Így láthatóvá vált, hogy a városi csatornarendszer mely források közelében húzódik.

A térkép alapján elmondható, hogy a Rudi- és az Ilona-forrás van a legközelebb a városi csatornarendszerhez. Ez a tény összefüggésbe hozható a két forrás kadmium tartalmával (mivel a kadmium kioldódhat a csövekből is).

A legmagasabb cink tartalma a Főkútnak van, 5 µg/l *(lásd: Mellékletek 10. ábra)*. A négy forrás közül az Apor- és a Mikes-forrás rendelkezik a legmagasabb réz-tartalommal, 5 és 4 µg/l *(lásd: Mellékletek 11. ábra)*. A 4 forrás ólom tartalma az őszi mintáknál közel azonos értéket mutatott (1 µg/l), a téli mintavételkor ez az érték alacsonyabb volt (0,25 µg/l) *(lásd: Mellékletek 12. ábra)*.

A bakteriológiai vizsgálatoknál a négy forrás közül az Apor-forrásból vett mintának volt a legnagyobb aerob mezofil telepképző baktériumok száma úgy 22°C-on, mint 37°C-on *(lásd: Mellékletek: 13. és 14. ábra)*. A legalacsonyabb telepszámot (minkét esetben) az Ilona-forrás mintájában észleltünk.

4. Következtetések

Az eredmények alapján elmondhatjuk, hogy a tanulmányozott források közül a legjobban a Főkút vize tudja ellátnia fogyasztók napi kalcium-magnézium szükségletét. Négy forrás (Rudi-forrás, Erdei-fúrás, Komlósároki-forrás és Főkút) vizének kalcium-magnézium ionaránya közelíti az ideális 2-es értéket. A négy forrás közül egyedül a Főkút vize ajánlott ivókúrára. A Rudi-forrás és a Főkút kémiai vizsgálatának eredménye élettani szempontból jobb volt, mint az ivókúrára is ajánlott Apor- és Mikes-források eredményei.

Az őszi és a téli mérések között nem találtunk összefüggést.

A tíz forrás nehézfém-tartalma (kadmium, cink, réz, ólom) a megengedett nehézfém-határértékekhez viszonyítva csekély, elhanyagolható. Egyedül a Veresvízi-fúrás ólom-tartalma ($5\text{ }\mu\text{g/l}$) közelíti meg a megengedett határértéket ($10\text{ }\mu\text{g/l}$).

A higiéniai-bakteriológiai vizsgálatok kimutatták, hogy a forrásokban nincsenek szennyezést jelző fekálcoli- (pl. *Escherichia coli*) illetve *Clostridium* baktériumok, és alacsonyak az összcsíraszám értékek is, ezért a források vize mikrobiológiai szempontból emberi fogyasztásra alkalmas.

A szervesetlen szennyezők vizsgálatakor kiderült, hogy a tíz forrás közül kilenc forrás ammónium-ion-tartalma a megengedett határérték fölött van. Az ammónium elsősorban a szennyvízzel kerülhet bele a vizeinkbe. A város rendelkezik szennyvízelvezető-csatornarendszerrel, ennek ellenére a források ammónium-tartalma magas.

A dolgozat címében feltett kérdésre a válasz az, hogy a tusnádfürdői tíz elemzett forrás szerveztünk működésére kedvező hatással van, a létfontosságú elemek kellő mennyiségben megtalálhatóak az ásványvizekben. Egyedüli szennyező az ammónium-ion, amelynek értéke túllépi a megengedett határértékeket.

A tusnádfürdői források további vizsgálata és elemzése egy jövőbeli kutatás részét képezi, és a dolgozat kiegészítésül fog szolgálni.

5. Köszönetnyilvánítás

Szeretnénk köszönetet mondani azon személyeknek, akik segítségükkel hozzájárultak a dolgozatunk megírásához.

Köszönet a Cholnoky Jenő Földrajzi Társaságnak és a Székelyföldi Ásványvíz Kataszter Munkacsoportnak, hogy műszereiket kölcsönadva segítették munkánkat.

Külön köszönet Kékedy-Nagy László és Máthé István tanár uraknak, hogy lehetővé tették a laboratóriumi vizsgálatokat, és irányították a méréseket.

Köszönettel tartozunk Incze Tihamérnak, a tusnádfürdői GOSCOM K.F.T. igazgatójának, akitől kaptuk a város Általános Városrendezési Tervét (P.U.G.) és a szennyvízelvezető-csatornarendszer térképét.

Köszönetünket fejezzük ki Bán Barnának, amiért segítségünkre volt a térképek elkészítésében.

Köszönöm a témavezetőimnek, Pál Zoltán tanár úrnak és Kis Boglárka-Mercedesz doktorandusznak a sok jó tanácsot, segítséget, biztatást, amelyet a kutatás kivitelezése és a dolgozat megírása során kaptam.

Könyvészet:

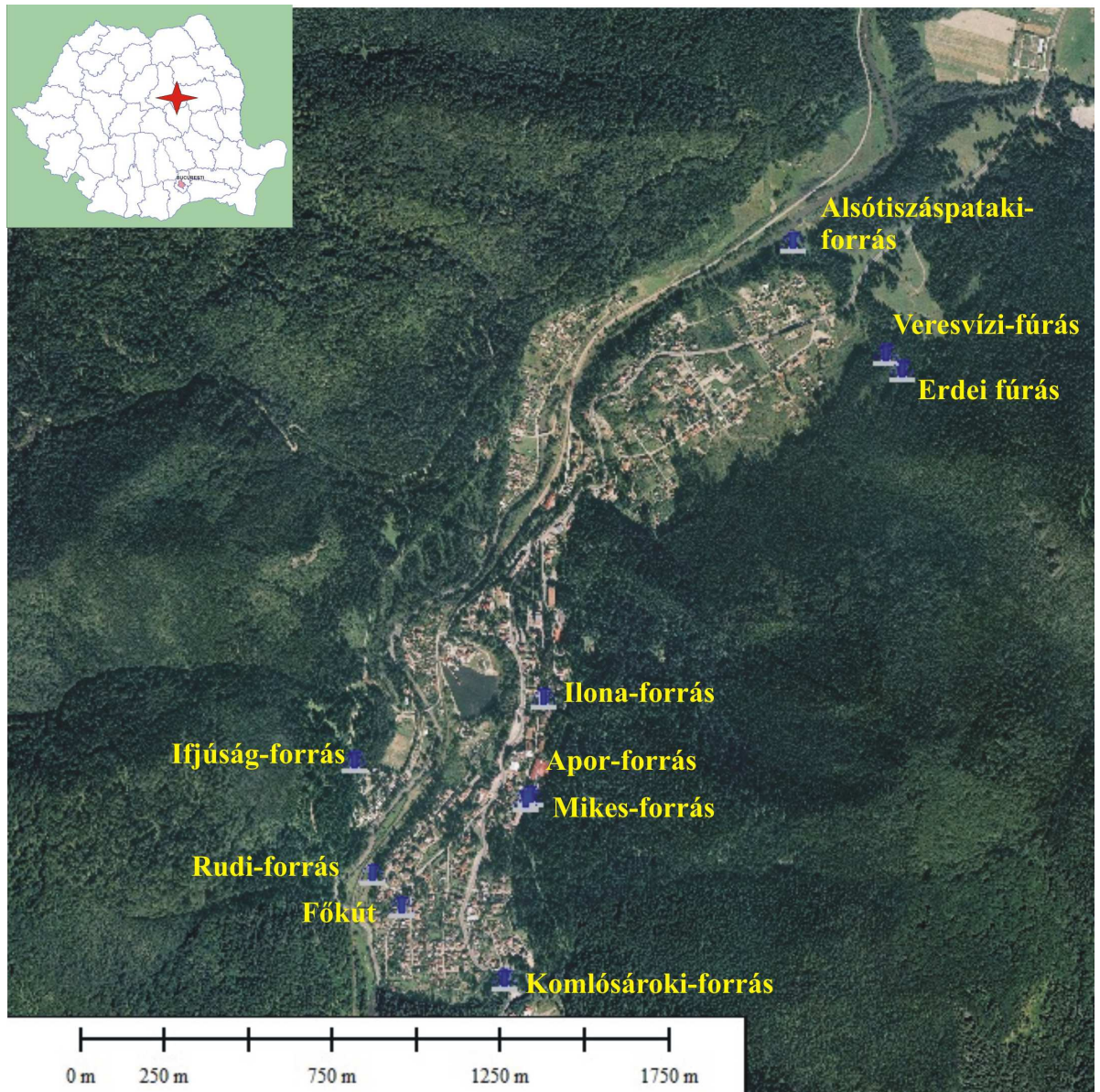
1. BALÁZS E., MÁTHÉ I., CAZACU, L. (2006): *Gyergyóremete ásványvizeinek mikrobiológiai és kémiai vizsgálata*, A Kárpát-medence ásványvizei, III. Nemzetközi Tudományos Konferencia, Csíkszereda, 199-204 oldal
2. BÁNYAI J. (1929): *Adatok a hargitai ásványvizek geológiájához*, Emlékkönyv a Székely Nemzeti Múzeum 50. éves jubileumára, Sepsiszentgyörgy
3. BÁNYAI J. (1934): *A székelyföldi ásványvizek*, Erdélyi Múzeum, XXXIX új foly. V/7–12, EME Term.tud. Szakoszt közl., Cluj–Kolozsvár
4. BÁNYAI J. (1938): *Ásványvizek lerakódásának geológiája*, Minerva Irodalmi és Nyomdai Műintézet Részvénytársaság, Cluj–Kolozsvár
5. BERSZÁN J., JÁNOSI Cs., JÁNOSI K., KRISTÁLY F., PÉTER É., SZAKÁLL S., ÜTŐ G. (2009): *Székelyföld borvizei*, Polgár-Társ Alapítvány, Csíki Természetjáró és Természetvédő Egyesület, Tipographic Kft, Csíkszereda
6. BOTH J., MÉSZÁROS I., GYÖRGY É., GOMBOS S., MÉSZÁROS S., SZILÁGYI J. (2004): *A Csíki-medence néhány borvízforrásának szennyezettségi vizsgálata*, A Kárpát-medence ásványvizei, Tudományos Konferencia, Csíkszereda, 139-146 oldal
7. CZIRÓK, É. (1999): *Klinikai és járványügyi bakteriológia*, Melánia Kiadó, Budapest
8. CSANÁDY M. (2008): *Az ásványvizek jellemzése és osztályozása*, A Kárpát-medence ásványvizei, V. Nemzetközi Tudományos Konferencia, Kiegészítő Kötet, Csíkszereda, 48-65 oldal
9. DOYLE, M. P., BEUCHAT, L. R., MONTVILLE, T. J., (2001): *Food microbiology. Fundamentals and frontiers*, (2nd edition), ASM Press, Washington
10. ÉLTETŐ Cs. (2004): *Hargita megye palackozott ásványvizeinek közegészségügyi helyzete*, A Kárpát-medence ásványvizei, Tudományos Konferencia, Csíkszereda, 172-180 oldal
11. Faza P.U.G., Proiect nr. 165/1999, Volumul 1., Plan Urbanistic General, Situația extentă și regulamentări urbanistice aferințe orașului Băile Tușnad
12. GYÖRGY É., MÉSZÁROS I., MÉSZÁROS S., GOMBOS S., SZILÁGYI J., BOTH J. (2005): *Néhány csíkszereda-környéki borvíz higiéniai és vegyi jellemzése*, A Kárpát-medence ásványvizei, II. Nemzetközi Tudományos Konferencia, Csíkszereda, 111-116 oldal
13. KARÁTSZON D. (1994): *A Hargita és a Görgényi-havasok vulkánossága, elsődleges formakincse és mai felszínének kialakulása*, Földrajzi Közlemények CXVIII. (XLII.) kötet, 1994. 2. szám, 83-111 oldal
14. KIS B., SZÁSZ Á., PÁL Z. (2007): *Ásványvíz definíciók és besorolások fejlődése. A TDS alapú jelenlegi besorolás problémái egy észak-erdővidéki vizsgálat tükrében*, Acta Siculica, Sepsiszentgyörgy, 37-48 oldal
15. KISGYÖRGY Z., KRISTÓ A. (1978): *Románia ásványvizei*, Tudományos és Enciklopédiai Könyvkiadó, Bukarest
16. KRISTÓ A. (1956): *A Csíki-medence földtörténete*, Csíki Múzeum kiadása, Csíkszereda
17. LÁSZLÓ A. (2005): *The post-Late Pontian paleogeographic evolution of the south Harghita Mountains area and the adjacent basins*, Studia Universitatis Babeș-Bolyai, Geologia

18. MADIGAN, M. T., MARTINKO, J. M., PARKER, J. (2009): *Brock's Biology of Microorganism*, Prentice Hall, Washington
19. MÁTHÉ I., GYÖRGY É., BALÁZS É. (2005): *Néhány Hargita-megyei ásványvízforrás higiéniai vizsgálata*, A Kárpát-medence ásványvizei, II. Nemzetközi Tudományos Konferencia, Csíkszereda, 91-98 oldal
20. OGAKI, M., STĂNESCU, R. (2003): *Controlul calității mediului*, Cartea Universitară, București
21. PÁL Z., CZELLECH B., KIS B., SZÁSZ Á., SZÉKELY B. (2008): *A kalcium-magnézium arány egészségügyi szempontú vizsgálata romániai ásványvizekben*, A Csíki Székely Múzeum Évkönyve, 2007-2008. Humán- és természettudományok, Pro-Print Kiadó, Csíkszereda, 247-264 oldal
22. PÉCSKAY Z., JAROSLAV L., SZAKÁCS, A., SEGHEDI, I., BALOGH K., KONEČNÝ, V., ZELINKA T., KOVACS, M., PÓKA T., FÜLÖP A., MÁRTON E., PANAIOTU, C., CVETKOVIĆ, V. (2006): *Geomorfology of Neogene magmatism in the Carpathian arc and intra-Carpathian area*, Geologica Carpathica, December 2006
23. PÉTER E., NAGY J. (2008): *Ásványvíz- és hévízfeltárási esélyek Tusnádfürdő-Sepsibüksád térségében*, A Kárpát-medence ásványvizei, V. Nemzetközi Tudományos Konferencia, Csíkszereda, 13-24 oldal
24. PILBÁTH G. A., IMECS I. (2010): *Tusnádfürdő és környéke*, Green Steps Könyvkiadó, Brassó
25. PREDĂ, I., ȚENU, A. (1981): *Resurse de ape minerale și termale*: (note de curs și lucrări practice), s.n., București
26. PRICĂJAN, A. (1972): *Apele minerale și termale din România*, Editura Tehnică, București
27. PRICĂJAN, A. (1974): *Hargita megye ásványvíz és mofetta-gáz kincsei*, Hargita Megye Néptanácsa, Egészségügyi Igazgatóság, Csíkszereda
28. PRICĂJAN, A. (1985): *Substanțele minerale terapeutice din România*, Editura Științifică și Enciclopedică, București
29. PRICĂJAN, A., AIRINEI, Ș. (1981): *Bogăția hidrominerală balneară a României*, Editura Științifică și Enciclopedică, București (a szelvény: D. Slăvoacă, 1975 fide, T. Brandabur et al., 1975 után, 92. oldal)
30. SCHREIBER, B. W. (1980): *Studiul geomorfologic al masivului Harghita*, Teză de doctorat, Universitatea Babeș-Bolyai, Cluj-Napoca
31. SZABÓ Á. (2005): *Radioaktív ásványvizek és mofetta-gázok*, Stúdium Könyvkiadó, Kolozsvár
32. SZABÓ Á., SOÓS I., SCHWARTZ Á., BÁNYAI J., VÁRHELYI CS. (1957): *Magyar autonóm tartománybeli ásványvizek és gázömlések*, Akadémiai Könyvkiadó, Bukarest
33. SZABÓ S. L. (2010): *Borvízfürdők turisztikai jelentősége a Csíki-medencében*, Babeș-Bolyai Tudományegyetem, Földrajz Kar, Turizmusföldrajz szak, Bsc. szakdolgozat
34. SZAKÁCS S. (2003): *Kutatási Jelentés a MTA-OM Domus Hungarica Scientiarum et Artium ösztöndíj keretében elvégzett, „A Kárpát-Pannon térség neogén-kvarter vulkanizmusa geokronológiai adatbázisának elkészítése és kiértékelése” című kutatómunkáról*

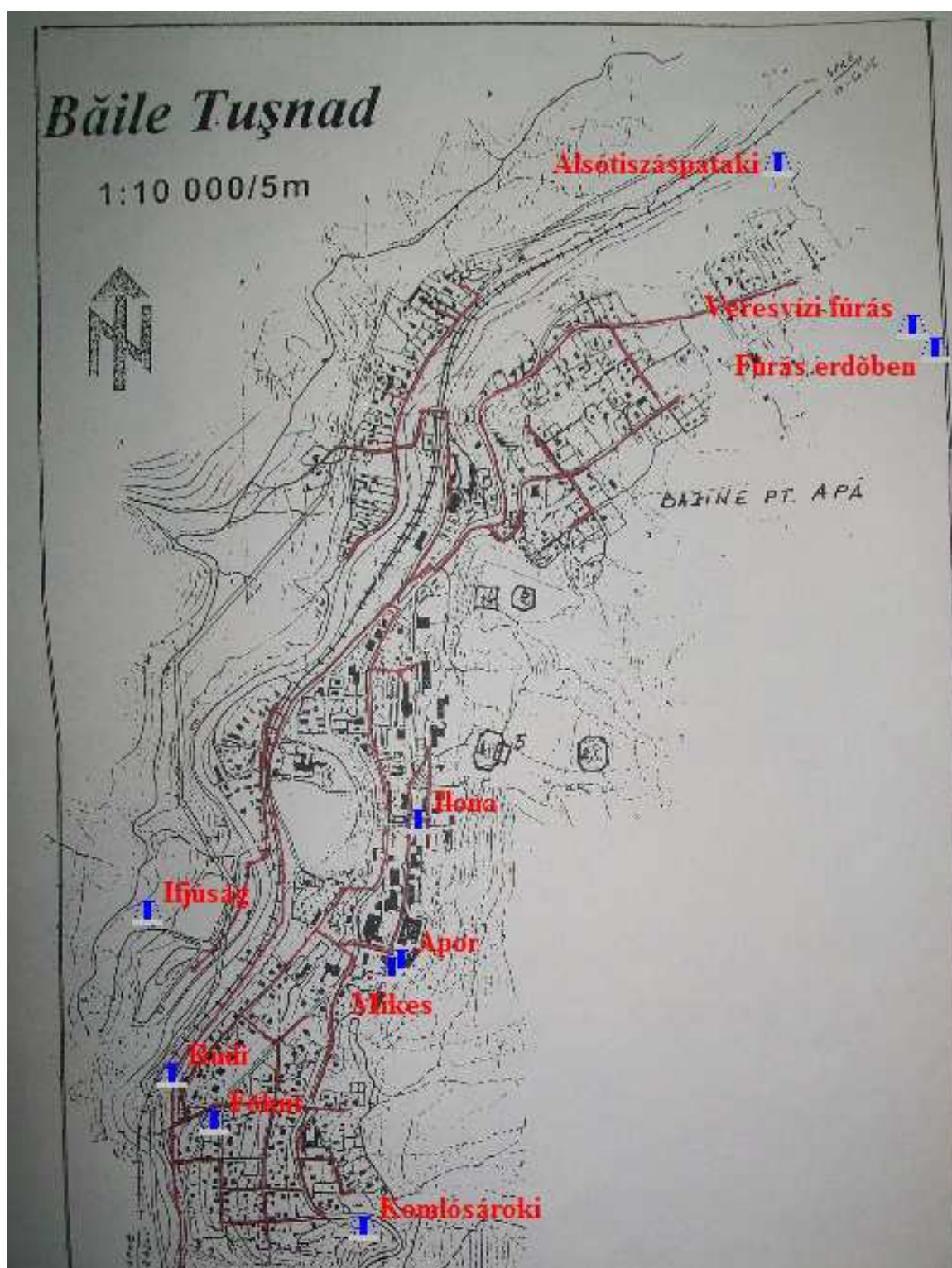
35. SZILÁGY J., GOMBOS S. (2006): *Borvizekben található fémionok vizsgálata néhány csíki-medencei borvízforrás esetében*, A Kárpát-medence ásványvizei, III. Nemzetközi Tudományos Konferencia, Csíkszereda, 173-184 oldal
36. Karppanen H., Pennanen R., Passinen L., 1978, Minerals coronary heart disease and sudden coronary death. *Advanced Cardiology*, Karger, Basel, volume 25, 9-24
37. Európai Tanács 98/83 Az emberi fogyasztásra szánt víz minőségéről
38. A Kormány 1020/2005-os rendelete a természetes ásványvizek kitermelésére és kereskedelmére vonatkozóan
39. <http://www.lenntech.com/who-eu-water-standards.htm> [megtekintve 2012. április 8.]
40. <http://www.medaqua.hu/hu/a-vizben-elofordulo-asvanyi-anyagok-emberiszervezetre-gyakorolt-hatasa> [megtekintve 2012. március 21.]
41. <http://www.ervrt.hu/cgi-bin/index.php?hlid=33> [megtekintve 2012. március 21.]
42. http://vizlabor.shp.hu/hpc/web.php?azonosito=vizlabor&oldalkod=veszelyes_anyagok_az_ivovizben_RFJ1 [megtekintve 2012. március 21.]

MELLÉKLETEK

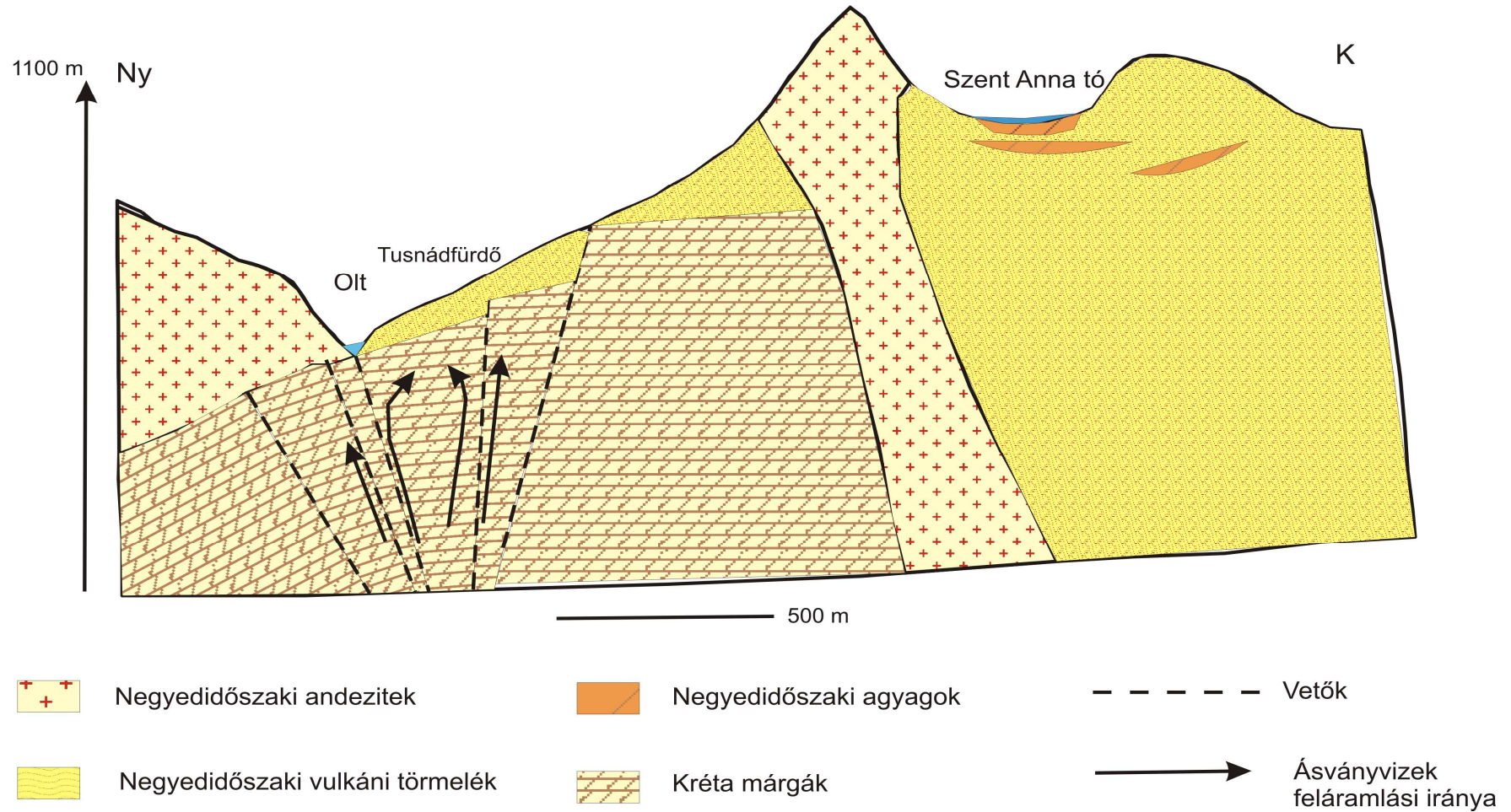
1. térkép: Az általunk vizsgált források elhelyezkedése



2. térkép: Tusnádfürdő szennyvízelvezető-csatornarendszere

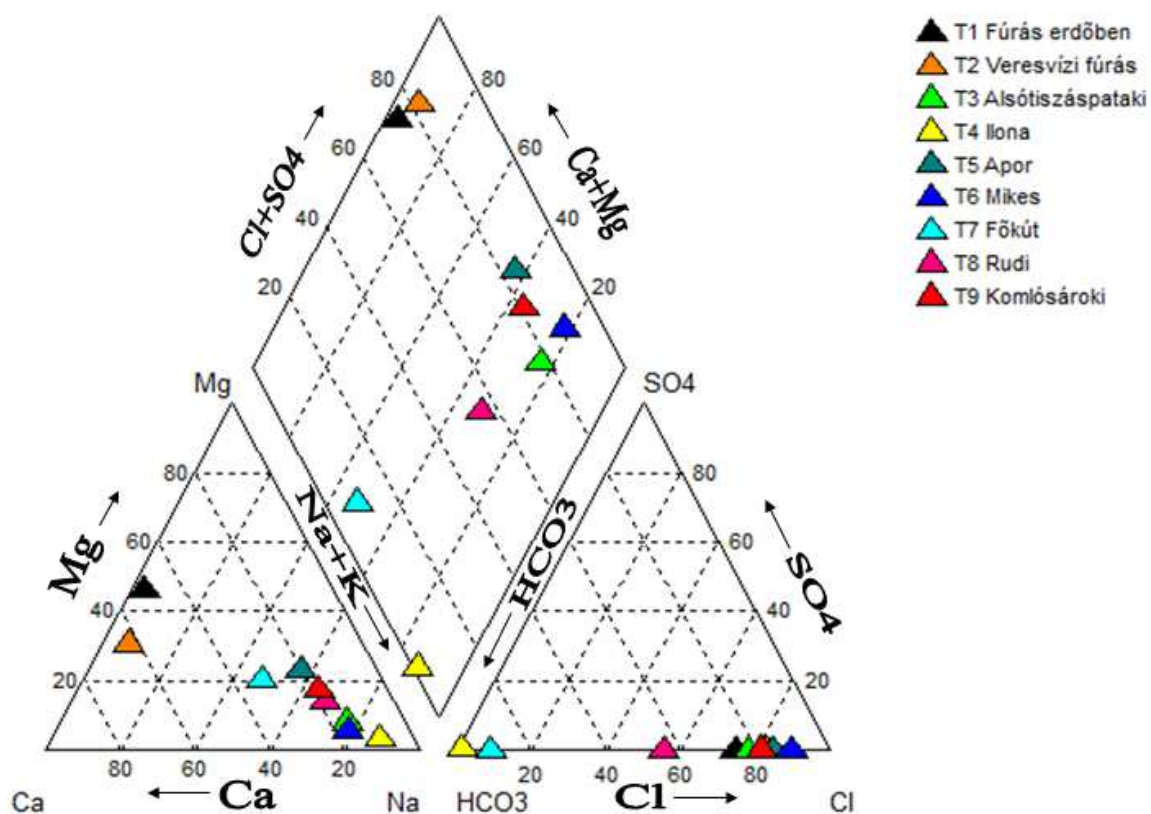


1. ábra: Tusnádfürdő geológiai szelvénye

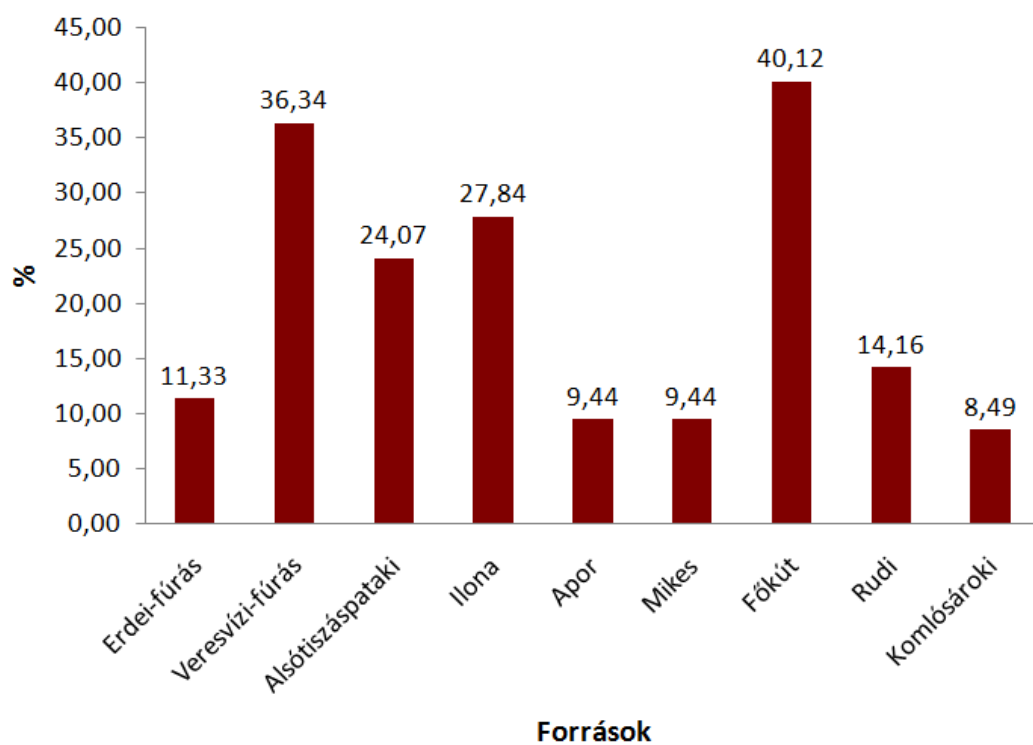


D. Slăvoacă, 1975 fide, T. Brandabur et al., 1975 után

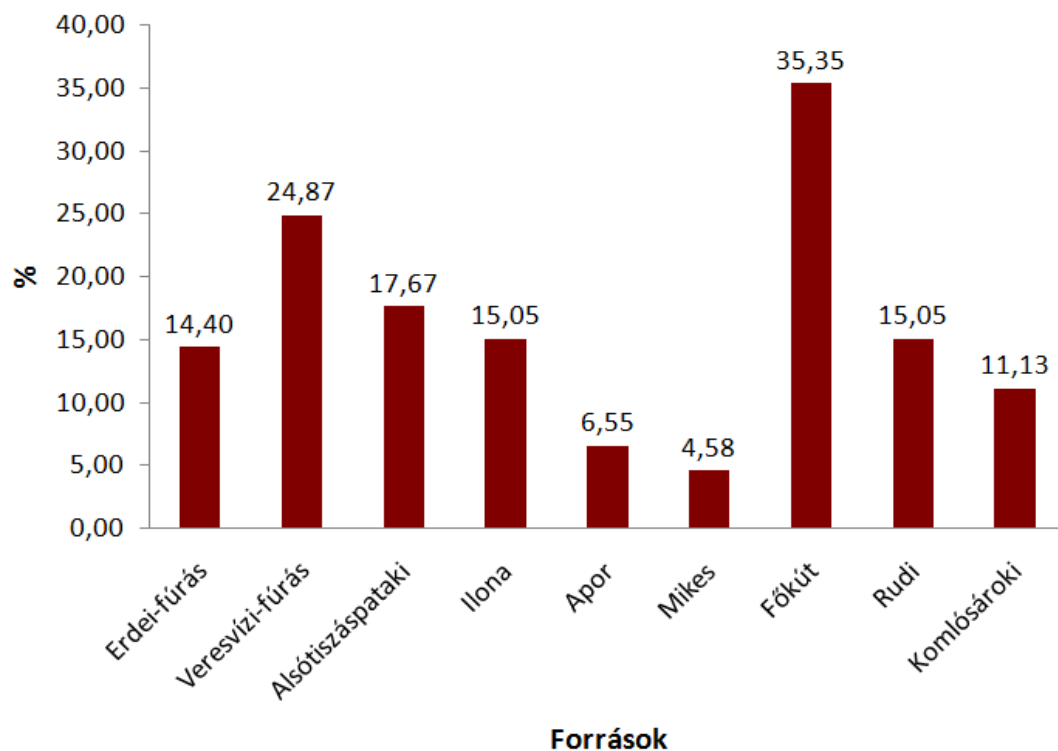
2. ábra: Piper diagram



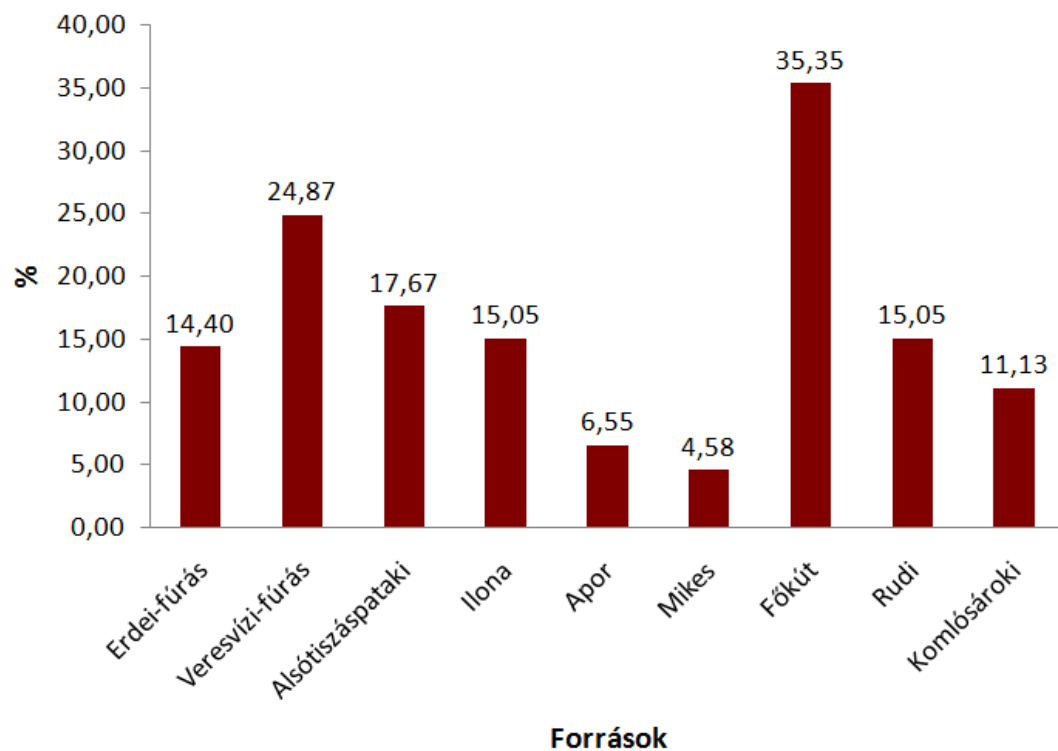
3. ábra: A szervezet napi kalciumigényéhez hozzájáruló mennyiség százalékban kifejezve



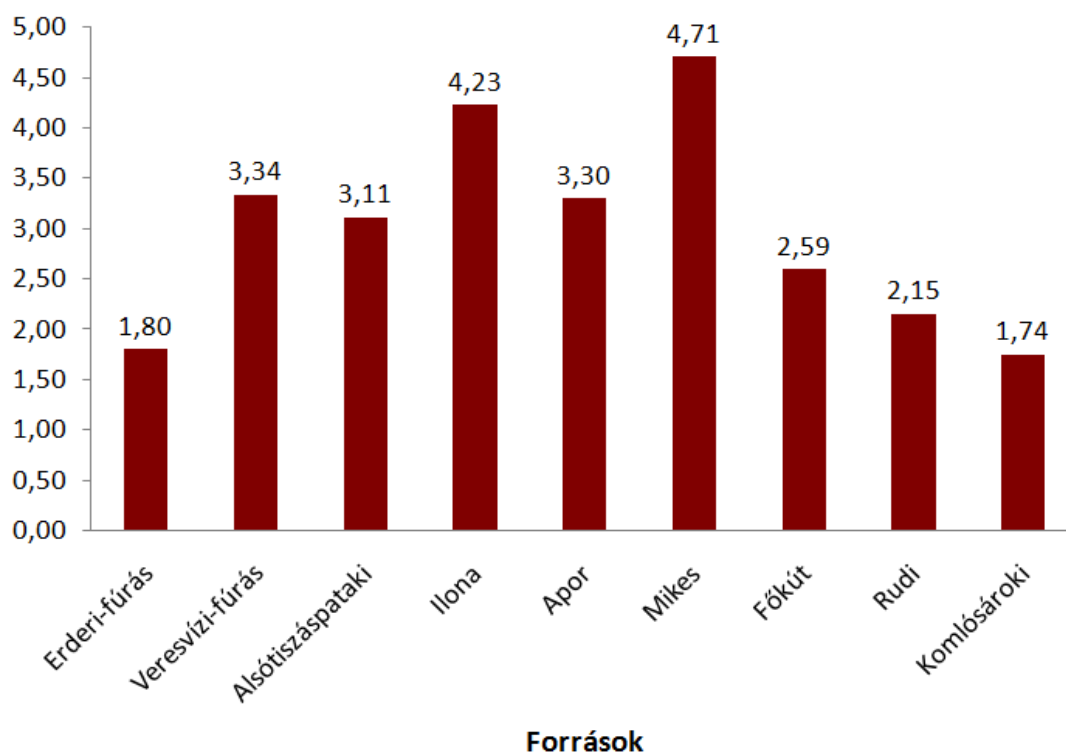
4. ábra: A szervezet napi magnézium igényéhez hozzájáruló mennyiség százalékban kifejezve



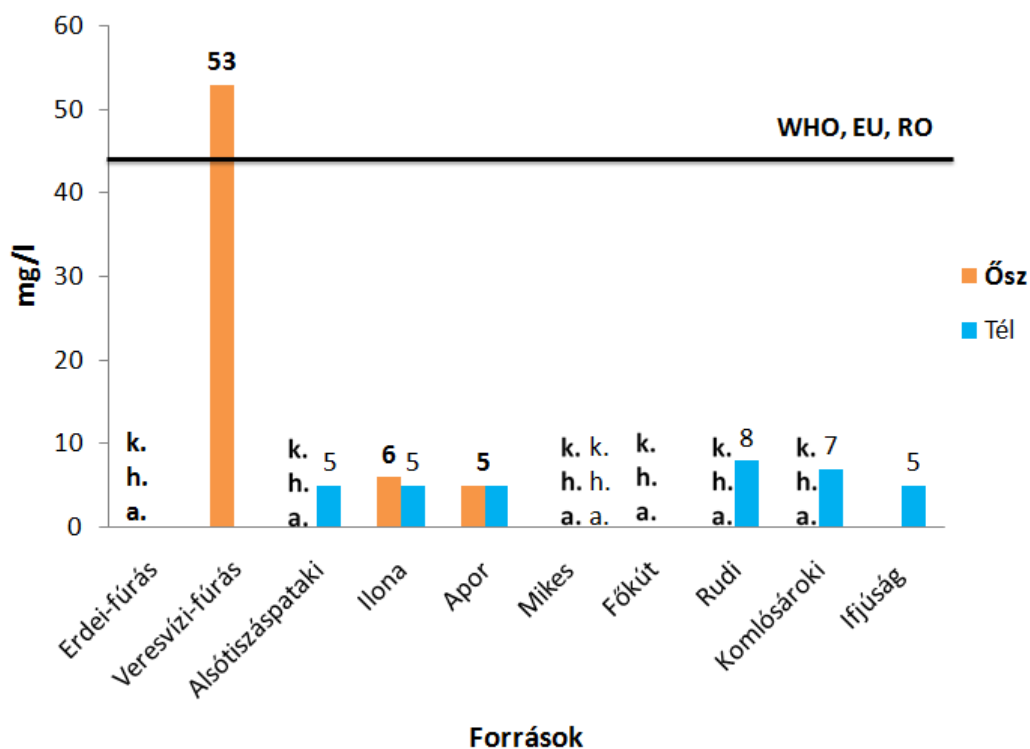
5. ábra: A szervezet napi lítium igényéhez hozzájáruló mennyiség százalékban kifejezve



6. ábra: A kalcium-magnézium ionarány

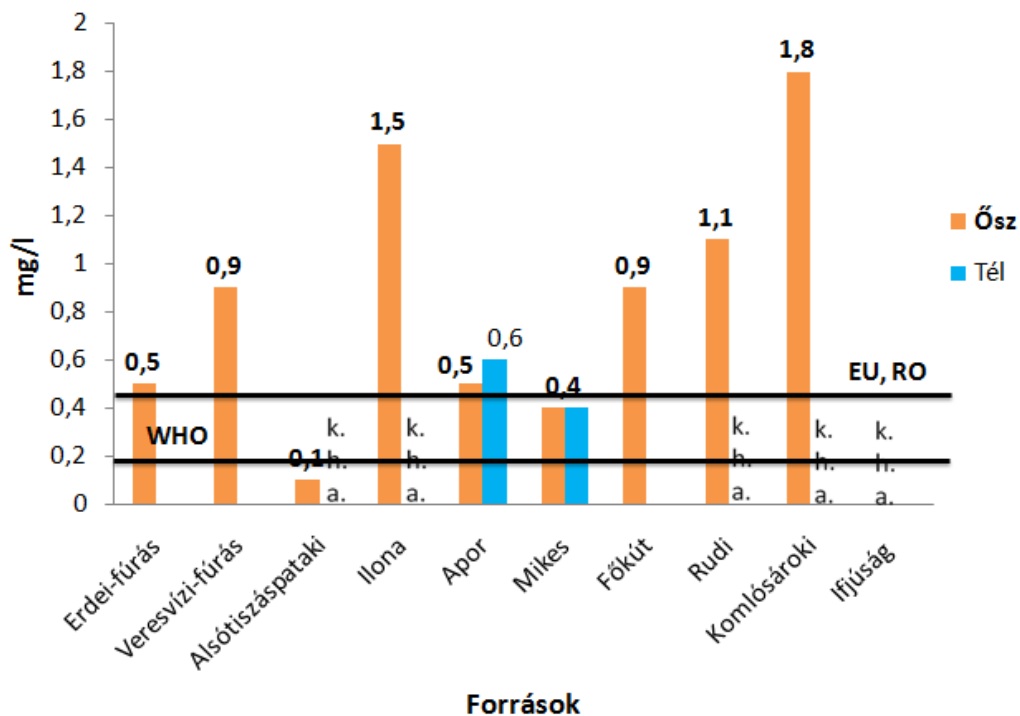


7. ábra: A források nitrát-tartalma

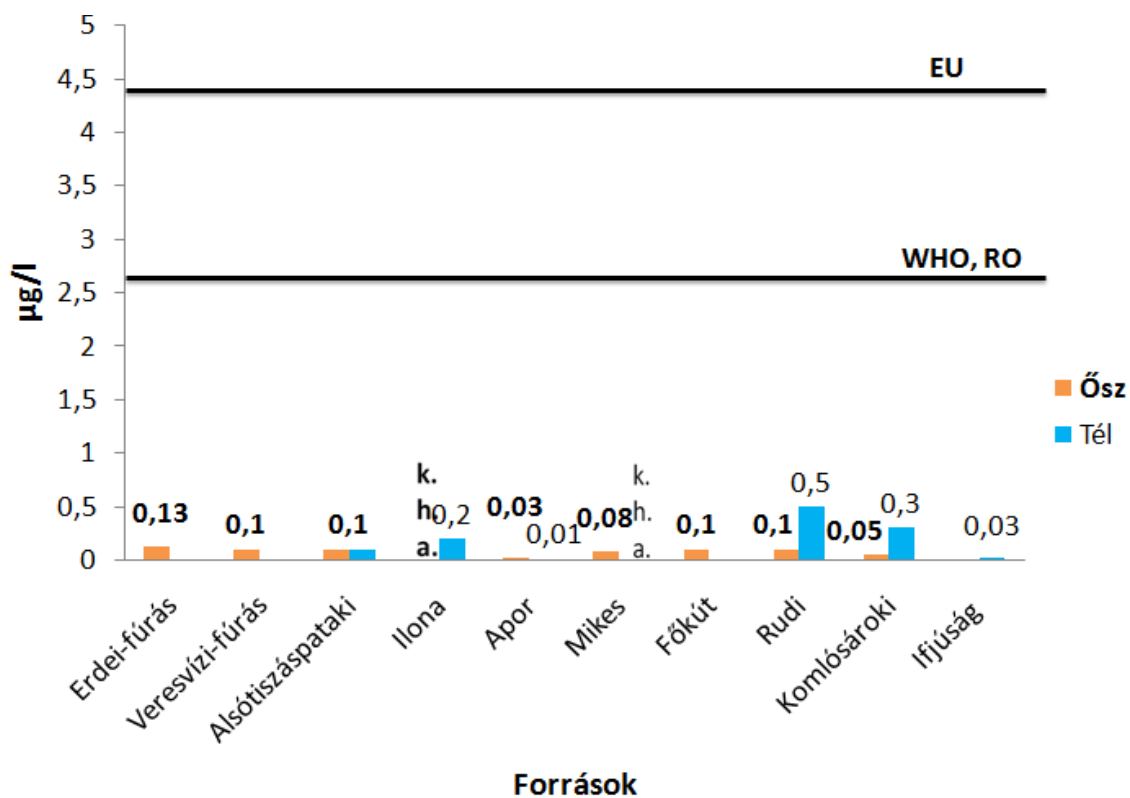


k.h.a. = kimutatási határ alatt

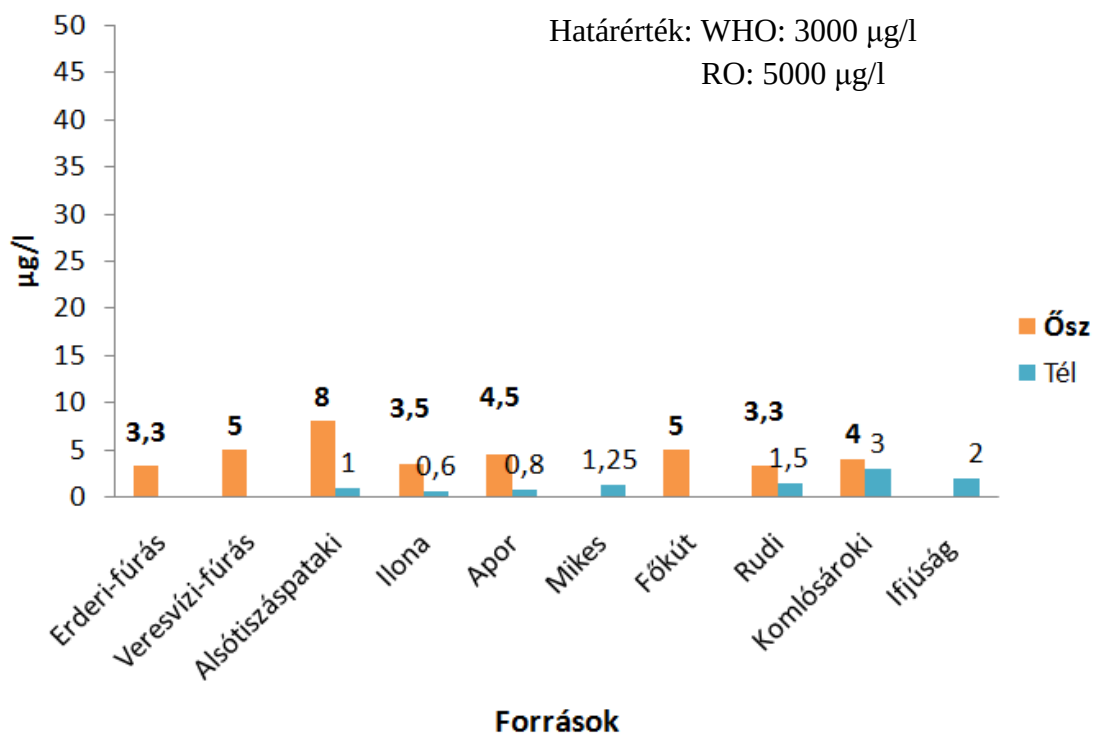
8. ábra: A források ammónium-ion-tartalma



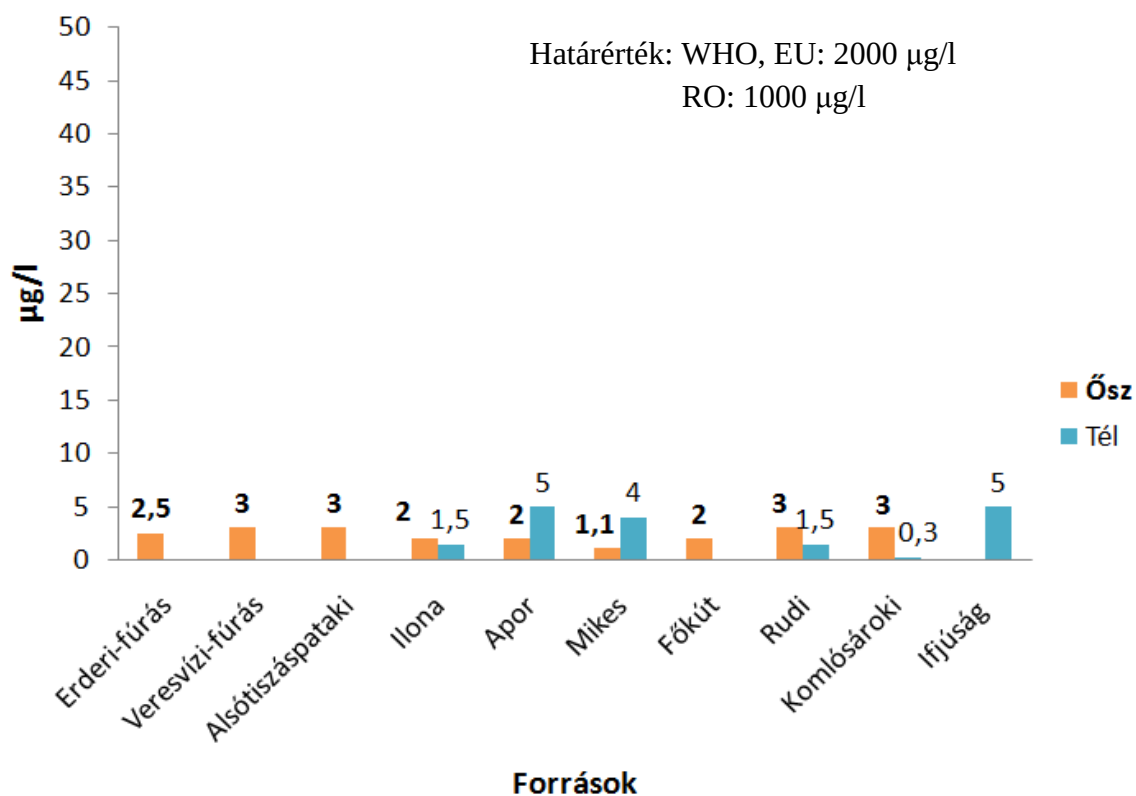
9. ábra: A források kadmium-tartalma



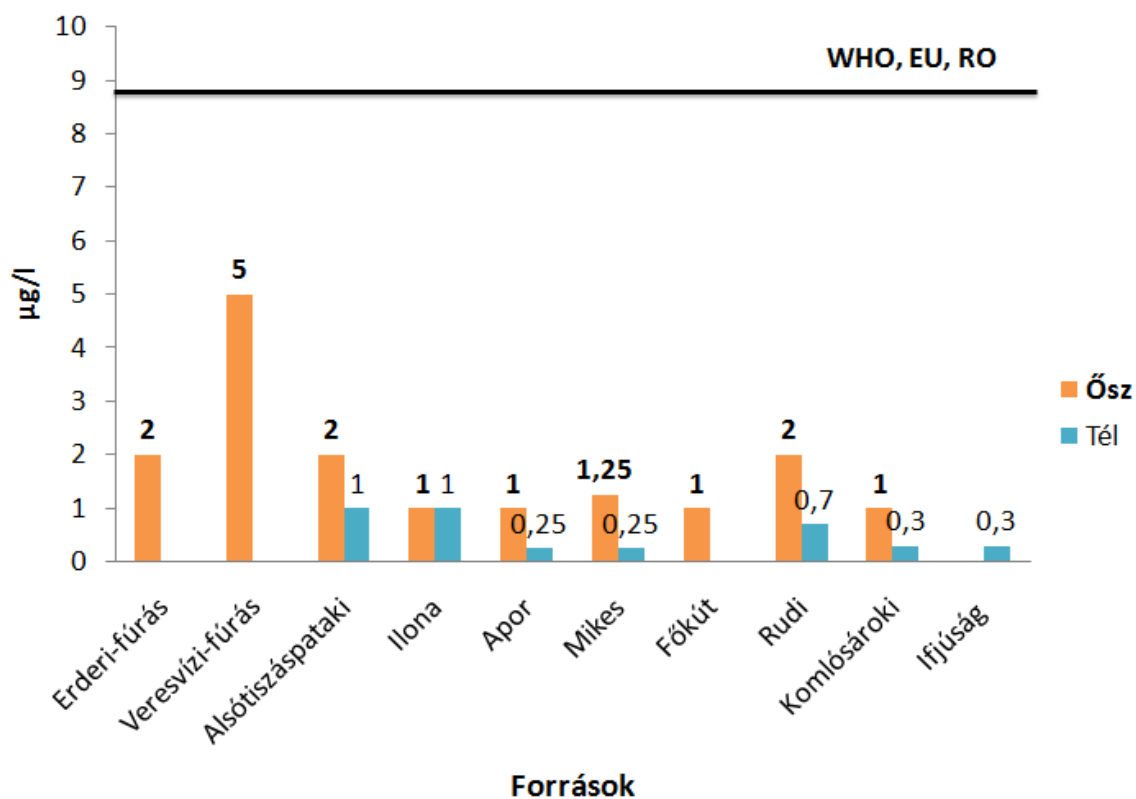
10. ábra: A források cink-tartalma



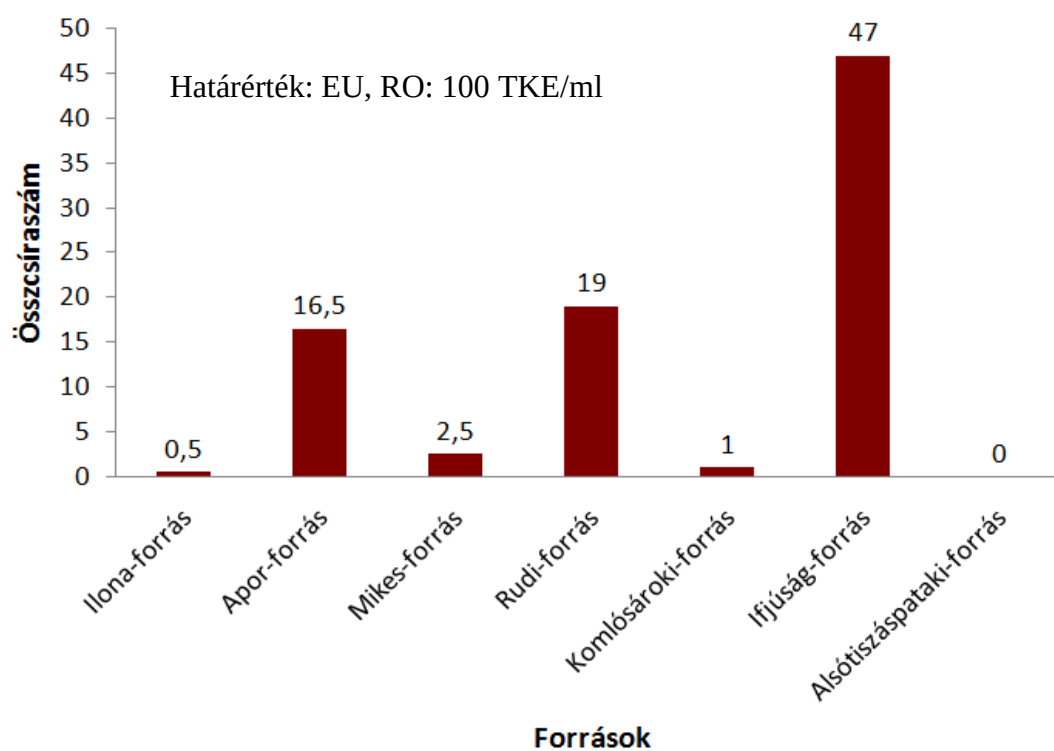
11. ábra: A források réz-tartalma



12. ábra: A források ólom-tartalma

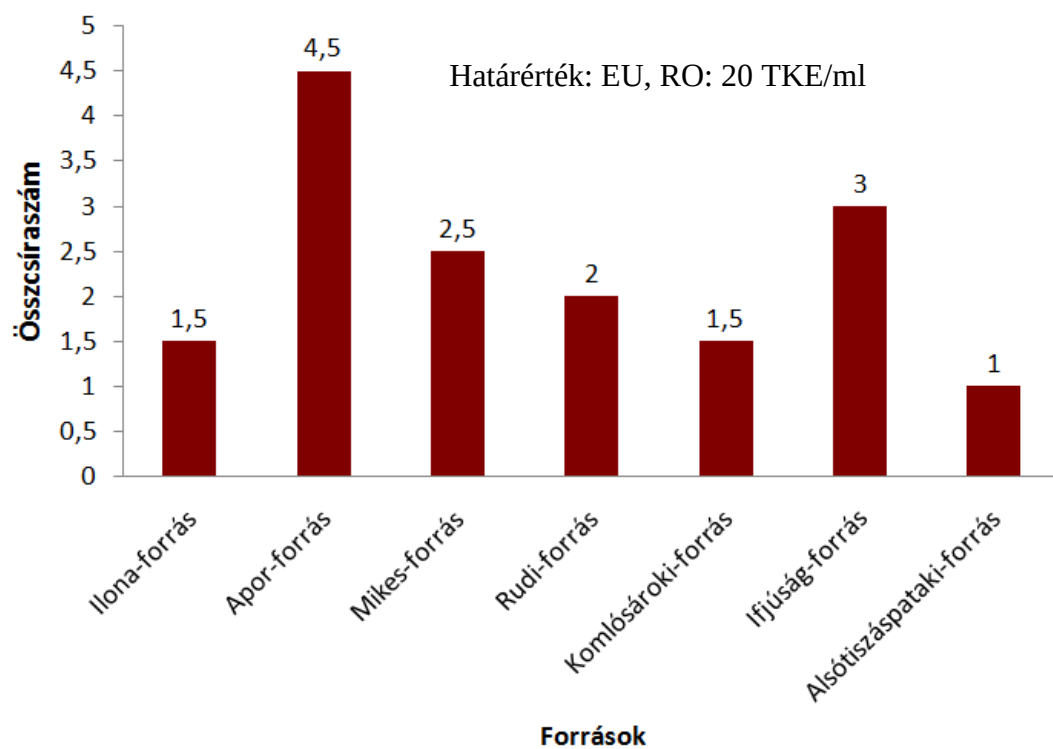


13. ábra: Az aerob mezofil telepképző baktériumok összcsíraszámának átlaga 22 °C-on



TKE = telepképző egység

14. ábra: Az aerob mezofil telepképző baktériumok összcsíraszámának átlaga 37 °C-on



1. táblázat: A források fizikai-kémiai paramétereinek adatai

Fizikai-kémiai paraméterek Források	pH		Hőmérséklet (°C)		Vezetőképesség (mS/cm)		szabad CO ₂	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Li ⁺
							(mg/l)								
	ősz	tél	ősz	tél	ősz	tél	ősz	Őszi minták laboreredményei							
Erdei fúrás	5,9	–	14	–	2,69	–	1469	732	1,25	3,17	30,61	50,40	6,42	15,79	1,21
Veresvízi-fúrás	6,28	–	18	–	8	–	1188	1769	4,96	3,81	290,72	87,06	35,86	21,05	4,22
Alsótiszáspataki-forrás	6,21	6,34	11	10	5,16	5,1	2244	1220	2,54	3,81	192,55	61,86	1094,60	136,84	2,85
Ilona-forrás	6,12	6,29	22,8	22,6	7,33	6,37	1584	793	5,11	3,17	222,76	52,69	2517,57	363,16	4,29
Apor-forrás	5,93	6,13	13,7	15	2,38	2,33	1188	427	1,37	4,13	75,51	22,91	241,94	100,00	1,3
Mikes-forrás	5,87	5,84	14,9	12,4	2,19	2,25	1100	244	1,21	3,49	75,51	16,04	413,68	194,74	1,24
Főkút	7,03	–	12	–	4,77	–	1144	3782	0,21	2,54	320,92	123,71	546,16	210,53	1,97
Rudi-forrás	6,09	6,22	13,2	13,2	2,44	2,49	1936	1159	0,83	3,49	113,27	52,69	482,37	100,00	1,17
Komlósároki-forrás	5,86	6,82	12	4,2	2,52	2,54	1452	549	1,40	4,76	67,96	38,95	271,38	163,16	1,38
Ifjúság-forrás	–	5,42	–	6,2	–	0,339	–	–	–	–	–	–	–	–	–

2. táblázat: A természetes ásványvizekben előforduló összetevők és azon felső határértékek, amelyek túllépése a közegészségre veszélyt jelenthet

Komponens	WHO	EU	Románia
<i>Ammónium</i>	0,2 mg/l	0,5 mg/l	0,5 mg/l
<i>Kadmium</i>	3 µg/l	5 µg/l	3 µg/l
<i>Cink</i>	3000 µg/l	–	5000 µg/l
<i>Réz</i>	2000 µg/l	2000 µg/l	1000 µg/l
<i>Ólom</i>	10 µg/l	10 µg/l	10 µg/l
<i>Nitrátok</i>	50 mg/l	50 mg/l	50 mg/l
<i>Telepszám 22 °C-on</i>	–	100 TKE/ml	100 TKE/ml
<i>Telepszám 37 °C-on</i>	–	20 TKE/ml	20 TKE/ml
<i>Escherichia coli (E. coli)</i>	–	0 TKE/250 ml	0 TKE/250 ml
<i>Clostridiumok</i>	–	0 TKE/250 ml	0 TKE/50 ml
<i>Coliformok</i>	–	0 TKE/250 ml	0 TKE/250 ml

Forrás:

- <http://www.lenntech.com/who-eu-water-standards.htm> (WHO, EU határértékek)
- Európai Tanács 98/83 Az emberi fogyasztásra szánt víz minőségéről, (EU határértékek)
- A Kormány 1020/2005-os rendelete a természetes ásványvizek kitermelésére és kereskedelmére vonatkozóan (román határértékek)

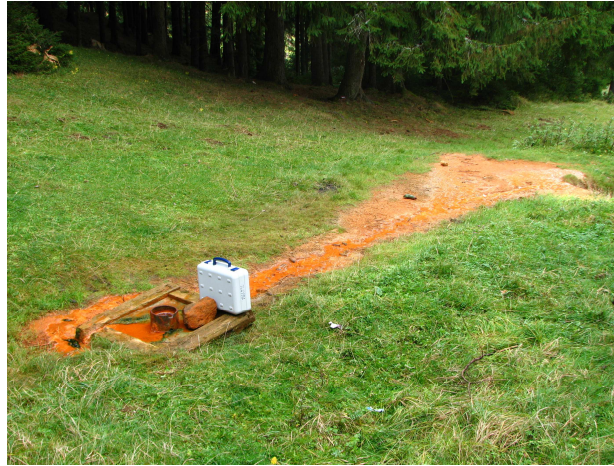
3. táblázat: A források szennyezettsége

Szennyezők Források	NO ₃		NH ₄		Cd		Zn		Cu		Pb	
	mg/l				µg/l							
	ősz	tél	ősz	tél	ősz	tél	ősz	tél	ősz	tél	ősz	tél
	terep				labor							
Erdei fúrás	< 5	–	0,5	–	0,13	–	3,3	–	2,5	–	2	–
Veresvízi-fúrás	53	–	0,9	–	0,1	–	5	–	3	–	5	–
Alsótiszáspataki-forrás	< 5	5	0,1	< 0,1	0,1	0,1	8	1	3	–	2	1
Ilona-forrás	6	5	1,5	< 0,1	–	0,2	3,5	0,6	2	1,5	1	1
Apor-forrás	5	5	0,5	0,6	0,03	0,01	4,5	0,8	2	5	1	0,25
Mikes-forrás	< 5	< 5	0,4	0,4	0,08	–	–	1,25	1,1	4	1,25	0,15
Főkút	< 5	–	0,9	–	0,1	–	5	–	2	–	1	–
Rudi-forrás	< 5	8	1,1	< 0,1	0,1	0,5	3,3	1,5	3	1,5	2	0,7
Komlósároki-forrás	< 5	7	1,8	< 0,1	0,05	0,3	4	3	3	0,3	1	0,3
Ifjúság-forrás	–	5	–	< 0,1	–	0,03	–	2	–	5	–	0,3

KÉPEK



1. kép: Az Erdei-fúrás



2. kép: Veresvízi-fúrás



3. kép: Alsótiszáspataki-forrás



4. kép: Alsótiszáspataki-forrás



5. kép: Az Ilona-forrás bejárata



6. kép: Rezső- vagy Ilona-forrás



7. kép: Apor-forrás



8. kép: Mikes-forrás



9. kép: Főkút vagy Stănescu bis-forrás



10. kép: A Rudi-forrás ősszel



11. kép: A Rudi-forrás télen



12. kép: A Komlósároki-forrás



13. kép: A Komlósároki-forrás télen



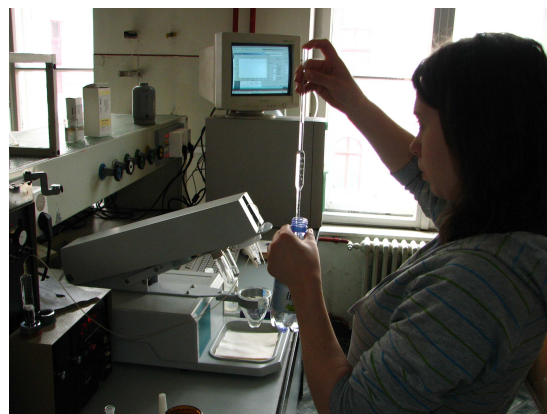
14. kép: Hőmérsékletmérés a Komlósároki-forrásnál



15. kép: Hőmérsékletmérés az Ifjúság-forrásnál



16. kép: Ifjúság-forrás



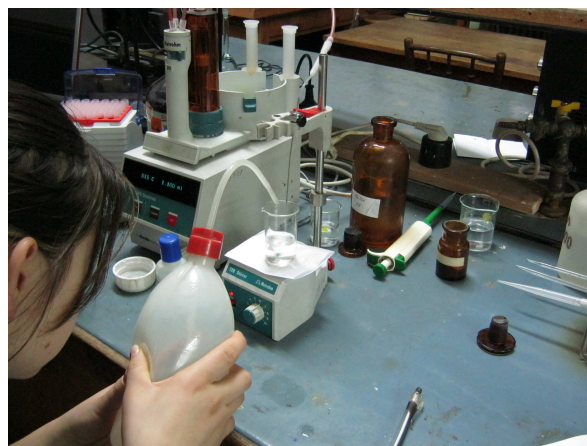
17. kép: Labori mintavétel



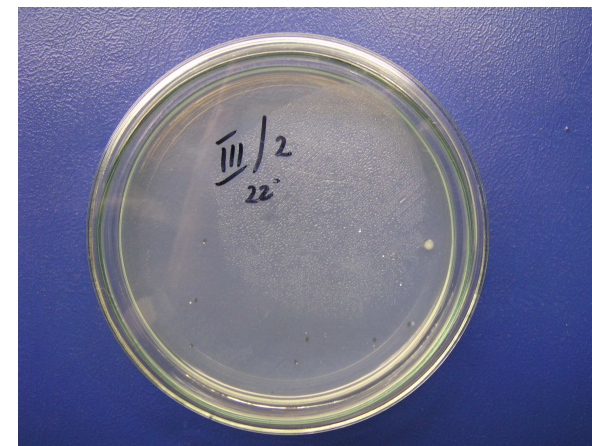
18. kép: Nehézfémek mérése



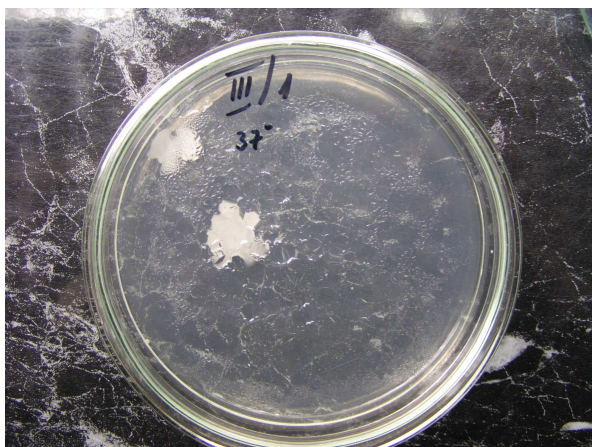
19. kép: Indikátor adagolás



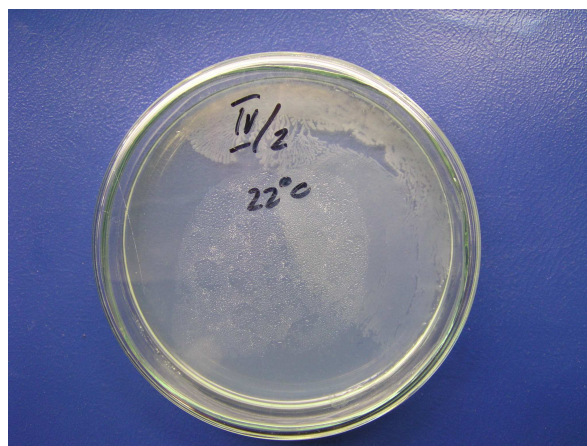
20. kép: Kalcium mérés



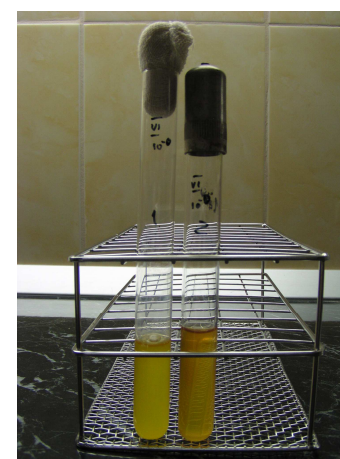
21. kép: A Mikes-forrás telepszámai 22 °C-on



22. kép: A Mikes-forrás telepszámai 37 °C-on



23. kép: A Rudi-forrás telepszámai 22 °C-on



24. kép: Baktériumok