

**XXII. reál- és humántudományi Erdélyi Tudományos Diákköri Konferencia  
(ETDK) Kolozsvár 2019 Május 23-26**

# **Talajvízforrások minőségi állapota Kolozsvár környékén**

**Szerző:**

**Gombos László-József**

Babeş-Bolyai Tudományegyetem, Kolozsvár, Földrajz Kar, Földrajz Szak Alapképzés III. év

**Témavezető:**

**dr. Czellecz Boglárka** Babeş-Bolyai Tudományegyetem, Földrajz Kar, Kolozsvári Magyar  
Földrajz intézet

## **Bevezetés**

Számos szakirodalmi tárgyalja a forrásokat. Emellett a szakirodalmak kitérnek a forrásvizek származására, valamint a víz felszín alatt megtett útjára. A felszín alatti vizek(talajvíz, rétegvíz) meteorikus eredetűek vagyis a csapadék látja el őket(Preda és Tenu, 1981). A víz talajban megtett útja és a a mélyből való kilépése közt töltött idő által különböző anyagokat oldhat magába. Ezek az anyagok akár szennyeződések is lehetnek. A szennyeződések a felszínen vagy a felszín alatt egyaránt okozhatják a szennyezést amit a talajvízben kimutathatunk.

Vizsgálatunk a Kolozsvár környékén megtalálható források közül, négy forrás megfigyelésével és mérésével foglalkozik. A mérések által próbáljuk megállapítani ezeknek a forrásoknak állapotát valamint a forrásvizek minőségét. A források nem véletlenszerűen, hanem inkább a lakosság általi ismertség vagy használat alapján került kiválasztásra.

Célunk, hogy a kiválasztott források minőségét egy megadott időintervallumban rendszeresen mérjük. Ezáltal megállapítsuk a források állapotát, vizüknek milyenségét, és az esetleges szennyezettségüknek mértékét.

## **A természetes források hidrogeológiája**

A természetes források a felszín alatti vizek felszíni megjelenéséi formái. A felszín alatti vizeket a vertikális profil mentén, azok földtani rétegekhez viszonyított elhelyezkedése szerint különböztetjük meg. Így beszélhetünk talajvizekről és rétegvizekről. A talajvizek nyíltfelszíni víztestek és az első vízzáró réteg fölött helyezkednek el, míg a rétegvizek viszonylag zárt rendszerben találhatóak az első vízzáró réteg alatt, vagyis két vízzáró réteg között (Szabó, 1998; Sorocovschi, 2009; Pişota, Zaharia, Diaconu, 2010).

Helyzetükből és minőségi paramétereikből adódóan (amelyeket a későbbiekben részletesen kifejtünk) elmondható, hogy a talajvizek felszín alatti útja rövidebb, többnyire édesvizek, kevesebb oldott anyag tartalommal rendelkeznek, amely tulajdonságok a felszínre lépésnél is kiderülnek. Tehát, az édesvíz forrásokat a talajvíz felszínre lépéseként azonosítjuk,

amely alátámasztására szolgál a következőkben kibontott négy tétel: (1) a víz származása, (2) a víz felszín alatt megtett útja, (3) a víz minősége, (4) a felszínre lépés módja.

### **(1) A víz származása – beszivárgás, csapadékviszonyok**

A felszín alatti vizek (talajvíz és rétegvíz is) legnagyobb százaléka meteorikus eredetű, vagyis csapadékvízből táplálkoznak (Preda és Țenu, 1981; Pișota és Buta, 1975).

A talajvíz elsődleges táplálója a csapadék. A lehullott csapadékmennyiség egy része beszivárog, a többi pedig a térfelszíni és felszíni lefolyás által egy felszíni gyűjtőbe kerül (patak, tó). A beszivárgás függ a csapadék fajtájától és intenzitásától és a befogadó közeg állapotától: anyagi felépítés és eredeti nedvességtartalom (Szabó 1998). Ezek alapján szezonális jelleg tud érvényesülni, ugyanis a csapadékos, vízbőséges időszakok (tavasz, ősz) a beszivárgás által magasabb talajvízszintet eredményeznek. A talaj vízbősége ugyanakkor csökkenti a további beszivárgást. A nyári és téli időszakokra általában az alacsonyabb talajvíz szintek a jellemzőek, amelynek oka részben a kevesebb érkező csapadék, illetve a nyári időszakban a nagyobb mértékű párolgás (Marosi, 1980).

A víz beszivárgásának mértéke és ideje attól is függ, hogy milyen a befogadó közeg fizikai tulajdonsága. Ettől függően rövidebb-hosszabb időnek kell eltelnie ahhoz, hogy a talajvízszint (hidrosztatikai vízszint) ténylegesen emelkedni kezdjen. A talajvízszint növekedése szempontjából a befogadó közeg fizikai tulajdonságai közül az anyagi felépítéséből származó permeabilitási feltételek emelhetők ki elsősorban (Preda és Marosi, 1971).

### **(2) A víz felszín alatt megtett útja**

A felszín alá beszivárgott víz a pórustereken és repedéseken keresztül, ezek összeköttetése által létrehozott útvonalakon közlekedik (Baciu, 2004). A homok, esetleg homokkő, kavics, agyag nagyobb porozitásúak, míg a márga, mészkő és általában a metamorf és vulkáni kőzetek kisebb porozitásúak. A víz felszín alatti mozgásának biztosítását ugyanakkor a permeabilitás is meghatározza, vagyis a pórusösszeköttetések milyensége. Ez alapján a kavics, homok, homokkő jobb permeabilitást biztosít, mint az agyag (Daniel Scădeanu\*\*\*).

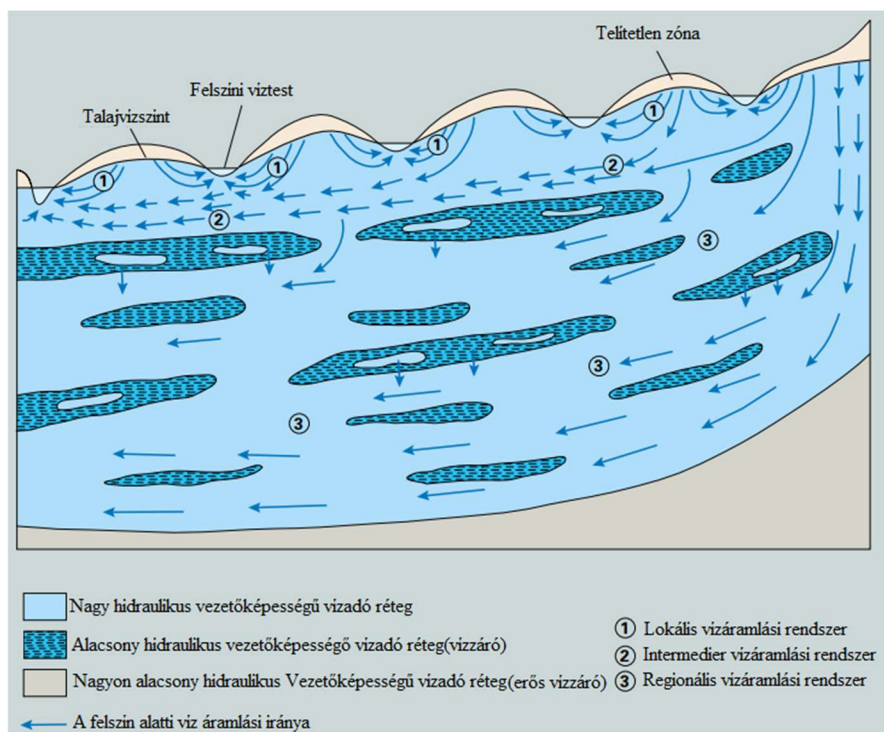
**1. táblázat A hidraulikus vezetőképesség és a permeabilitás értékei különböző közegekben**

| Közeg            | Hidraulikus vezetőképesség (K) m/s | Permeabilitás (K <sub>r</sub> ) cm/s |
|------------------|------------------------------------|--------------------------------------|
| Kavics           | $1 - 10^{-3}$                      | 10                                   |
| Homok            | $10^{-2} - 10^{-5}$                | $10 - 10^{-4}$                       |
| Lösz, kőzetliszt | $10^{-6} - 10^{-9}$                | $10^{-5} - 10^{-9}$                  |
| Agyag            | $10^{-9} - 10^{-12}$               | $< 10^{-7}$                          |
| Homokkő          | $10^{-5} - 10^{-10}$               | $10^{-4} - 10^{-7}$                  |
| Karsztos mészkő  | $10^{-2} - 10^{-6}$                |                                      |

Hidraulikus konduktitásnak nevezzük a talaj vagy egy réteg azon tulajdonságát, hogy biztosítja a felszín alatt a víz áramlását, vagyis a permeabilitásnál (a pórusok közti terek áteresztőképessége) bővebb fogalom, ugyanis ötvözi a közeg tulajdonságát a benne áramló vízzel. Nagy a pórusok közti hidraulikus konduktivitás, ha durvaszemcsés vagy nagyszemcsés a közeg. Amennyiben finomszemcsés a közegünk (agyag), akkor kicsi hidraulikus konduktivitás jellemző. A hidraulikus vezetőképesség tehát függ a szemcseösszetételtől, a pórusok nagyságától, a hőmérséklettől és a viszkozitástól (Hiscock, 2005; Pişota és Buta, 1975; Szőnyi, 2013; Sorocovschi, 2009).

A felszín alatti vízmozgásnak/vízáramlásnak három nagy típusát különíthetjük el: lokális, intermedier és regionális áramlási rendszer. A lokális áramlási rendszerre jellemző, hogy beszívargási és kiáramlási területei szomszédosak, a helyi, egymáshoz közeli topográfiai magaslatokat és mélyedéseket érinti. Kismélységben halad és általában a legközelebbi felszíni vízegységek fele igyekszik (Szőnyi, 2013; Alley et al., 1999). Az intermedier áramlási rendszer a mélyebben fekvő vízáadó rétegeket érinti és egy, a lokálisnál távolabbi felszíni mélyedés/felszíni vízegység fele igyekszik. Beáramlási és kiáramlási területei nem szomszédosak, közöttük több topográfiai egység is elhelyezkedhet (Szőnyi, 2013; Alley et al., 1999). A talajvizek a lokális vagy intermedier áramlási rendszerek részét képezik (Alley et al., 1999). A regionális áramlási rendszerek nagy mélységben haladnak, beáramlási területük a vízvásztó térsége, míg kiáramlási területük a vízgyűjtő medence legalacsonyabb pontja. Ilyen megközelítésben csak nagy kiterjedésű medencék esetében beszélhetünk erről a rendszerről. A különböző léptékű áramlási rendszerek között nincs szigorú határ. A nagyobb térségeket érintő intermedier rendszerek például

kapcsolatba kerülhetnek a regionális áramlásban haladó vízzel a rétegek közötti el- vagy átszivárgás révén (Szönyi 2013 és Alley et al., 1999).



1. ábra A felszín alatti vizek áramlási rendszere. (forrás: Alley et al., 1999)

A felszín alatt áramló víz által érintett terület nagyság/hossztáv az előbb említett hierarchikus rendszer függvényében a néhány kilométertől a több száz kilométerig terjedhet. A felszín alatti víz kora az áramlási rendszerben elfoglalt helye, az általa megtett út hossza függvényében eltérő lehet. A lokális rendszereken áthaladt víz kora a kiáramlási területen 1 naptól néhány száz évig terjedhet. A regionális rendszerben közlekedő víz esetében ennek kora az ezer évtől a több tízezer évig terjedhet (Alley et al., 1999).

## A víz minősége

Zaharia L. (1993) szerint a víz természetes közegben nem egy tiszta anyag. Szilárd és gáznemű anyagokat egyaránt tartalmaz magában. A környezet, valamint antropogén hatások egyaránt befolyásolják a vizek minőségét. A víz minősége – kémiai, fizikai és mikrobiológiai állapota - meghatározza annak felhasználási lehetőségeit (Olumuyiwa et al., 2012).

A minőségre utaló legfontosabb tulajdonságok a pH (kémhatás), a száraz anyag tartalom (180°C) vagy összes oldott anyagtartalom, az egyes oldott ionok koncentrációja, sótartalom,

sűrűség és az oldott gázok (Zaharia, 1993).

A talajvizek pH értéke 5,5-7,5 értékek között mozog. A talajban zajló biológiai folyamatok befolyással lehetnek a talajvíz kémhatására. A nitrifikáció által felszabadult hidrogén ionok reakciója által a  $\text{HCO}_3^-$ , valamint a  $\text{CO}_3^{2-}$  ionokkal,  $\text{CO}_2$  képződik, ami a víz pH értékének csökkenését okozza (Pregun és Juhász, 2010).

Az összesen oldott anyag jelenléte a víz eredete szerint határozható meg, valamint a felszín alatt megtett útja egyaránt befolyásolja a víz minőségét. Minél több és változatosabb kőzetösszetételű rétegen halad át a víz, illetve minél több időt tölt a felszín alatt, annál több elemet old magába (Szabó 1998). Az összes oldott anyag magába foglalja a szerves és szervesetlen sókat és anyagokat egyaránt (Olumuyiwa, 2012). Az oldott anyagok mennyisége más paraméterekkel is összefüggésben van, mint például a sűrűség, sótartalom, vízkeménység.

A víz sűrűségét nagyban befolyásolja a hőmérséklet, valamint az, hogy hány gramm oldott sótartalommal rendelkezik az adott víz. A kémiaiilag tiszta víz sűrűsége  $\rho = 1,0 \text{ g/cm}^3$  (4 °C-on) (Török, 2011).

A talajvíz sótartalma a talajban és a felszíni kőzetrétegben levő oldható sókból származik (Pregun és Juhász 2010). A jól oldható sók közé tartoznak a kloridok (leggyakrabban a  $\text{NaCl}$ ,  $\text{KCl}$ ) és nitrátok (leggyakoribb a  $\text{NaNO}_3$ ), a közepesen oldódóak a szulfátok (legelterjedtebbek a  $\text{CaSO}_4$  és  $\text{MgSO}_4$ ), míg a rosszul oldódók közé sorolhatók a karbonátok (leggyakrabban a  $\text{CaCO}_3$  és  $\text{CaMgCO}_3$ ). Ezek a sók, főként a karbonátok, felelősek a víz keménységéért is (Olumuyiwa, 2012). Szén-dioxid jelenlétében a víz oldóképessége felerősödik. A szén-dioxid forrása a talajvíz számára a légkör és a talajlevegő (Jakab 2004). Összességében könnyebben oldhatónak számítanak a következő kőzetek és ásványok: mészkő, dolomit, gipsz, halit (kősó), szilvin (kálisó). Ezek az elsődleges forrásai a talajvíz kalcium, magnézium, kálium, nátrium, karbonát, szulfát és klorid tartalmának (Szőnyi, 2013).

Főbb előfordulásai a kationoknak a vízben a  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ , az anionoknak pedig a  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$ . A felszín alatti vizek sótartalma 100-1000 mg/l sótartalom között változik. (Sorocovschi, 2009)

Az oldott gázok nagy része, ami a talajvizekben található, az atmoszférából származik. Ezek a csapadékkal együtt érkeznek a talaj felszínére és szivárognak be. Ezek az oldott gázok, ahogyan már fent is utaltunk rá, felerősítik a víz oldóképességet a talajban ami aztán

hatékonyabban oldja az adott talaj vagy kőzet elemeit. A talajvízben előforduló gázok: szén-dioxid, oxigén, nitrogén, metán, hidrogén-szulfid vagy kénhidrogén (Sorocovschi, 2009).

A talajvízben oldott szén-dioxid ( $\text{CO}_2$ ) az atmoszférából és a talajban zajló bomlási folyamatokból származik. Az oldott oxigén mennyisége a talajvízben kicsi, leginkább a felszínközeli zónában van jelentősége a talajoldat esetében. A nitrogén, a szén-dioxidhoz hasonlóan, az atmoszférából és a talajban zajló bomlási és átalakulási reakciókból származik. A metán és kén-hidrogén az üledékes területekről, többnyire szerves üledékekből felszabaduló gázok, illetve a talajban anaerob bomlás hatására képződhetnek (Sorocovschi 2009).

### **A víz felszínre lépésének pontja**

A korábban említettekből kiderült, hogy a felszín alatti vizek, tehát maga a talajvíz is nagymértékben meteorikus eredetűek. A felszín alatt megtett út és idő határozza meg a víz minőségét. A felszínre lépéskor a víz magában hordozza a beszivárgás által és a felszín alatti áramlás során megszerzett fizikai és kémiai tulajdonságokat. A víz felszínre lépése kétféleképpen történhet: természetes úton, források által, illetve mesterségesen, fúrt kutak által.

Forrásról akkor beszélünk, amikor egy vízáadó réteg (talajvíz, rétegvíz) megcsapolódik a réteg szűkülése vagy törésvonal által (Alley et al., 1999; Pişota és Buta, 1975).

A hazai szerzők (pl. Pişota és Buta, 1975; Sorocovschi, 2009) a természetes források tárgyalásakor általában kitérnek azok osztályozására, amely Romániában a következőképpen történik:

- Működési állandóságukat tekintve lehetnek időszakos, illetve állandó források
- hőmérsékletük szerint, lehetnek hideg illetve meleg vízü források (az adott terület éves középhőmérsékletéhez viszonyítva)
- hidrogeológiai jellegük - a rétegben a felszínrelépés irányába megtett út - szerint lehetnek leszálló, felszálló, átbukó források
- oldott anyag tartalmuk szerint lehetnek ásványvíz vagy édesvízü források

A korábbi alpontokban tárgyaltuk a talajvizekre vonatkozó legfontosabb fizikai és kémiai tulajdonságokat, így ezek alapján elmondható, hogy a talajvíz források hőmérséklet szerint a

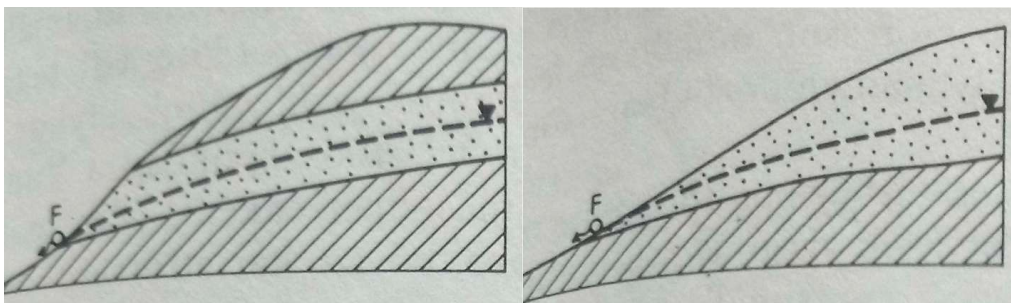
hidegvízű források közé sorolhatók, míg az összmineralizáció tekintetében a néhány száz mg/l-es oldott anyag tartalommal az édesvízű források közé sorolhatók. A források állandó vagy időszakos jellege a csapadékviszonyok, beszivárgási feltételek és földtani tulajdonságok (rétegek egymáshoz viszonyított helyzete és dőlésszöge) függvénye.

Az állandó források vízhozama csekély, maximum néhány l/s értéket mutathat. Ezek a források talajvízből vagy rétegvízből táplálkoznak és vízhozamuk kismértékben ingadozhat. A karsztforrások vízhozama nagy, de nem megbízható, mert nagy ingadozásai vannak (Szabó, 1998)

A források, ahogyan fent is említettük lehetnek leszálló, felszálló és átbukó források.

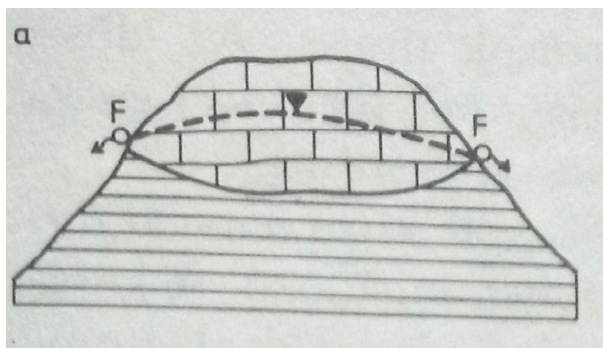
A leszálló források jellemzője, hogy a forrást tápláló vízadó réteg a felszínrelépési pont fölött helyezkedik el, így a víz a gravitációs törvényeknek megfelelően áramlik lefele (2. Ábra). Ezt a vízmozgást elsősorban a vízadó réteg dőlésszöge idézheti elő (vagy a domborzat futása), amely elhelyezkedhet a felszínen (benne talajvízzel), de egy vízzáró réteg alatt is. A szabadfelszínű rétegek megcsapolásában nagy szerepet játszanak a külső erők, így például a felszíni vízhálózat bevágódása (a patak völgyek által bevágódás a rétegbe) vagy a csuszamlások által is megnyílhat úgy mond egy-egy réteg. A felszínrelépést mesterséges beavatkozások is előidézhetik, mint például építkezések (Szabó, 1998; Pişota és Buta 1975; Sorocovschi, 2009; Pişota, Zaharia, Diaconu, 2010). A talajvízforrások (édesvízforrások) a leszálló források kategóriájába sorolhatók.

A karsztforrások is általában a leszálló források kategóriájába tartoznak. A mészkőben/karsztban található repedéshálózaton keresztül a víz a gravitáció által közlekedik. A felszínrelépés helyszíne a karsztforrást tápláló terület alatt helyezkedik el (Zaharia, 2003).



2. ábra. Leszálló források (forrás: Szabó, 1998)

Az átbukó források jellemzője, hogy általában a vízáadó réteget alulról határoló vízáró réteg felszíne a forrás pontjánál alacsonyabban/mélyebben helyezkedik el. Ennek következtében csak a forrás szintje fölött elhelyezkedő vízmennyiség fog a forráson keresztül megcsapolódni, ami e típus időszakos jellegét is adja egyben. Hasonló geológiai feltételek közé sorolható a vízáadó réteg szűkülése is, amit előidézhet egy vízáró réteggel való találkozás. Ezek szintén a felszínrelépés irányába kényszerítik a felszín alatti vizeket. Az átbukó forrásokat létrehozó feltételek nagyrészt a felszínen elhelyezkedő szabadfelszínű vízáadó rétegek által valósulnak meg, amelyek a talajvizeket tartják (Szabó, 1998).



3. ábra Átbukó források (forrás: Szabó, 1998)

A felszálló jellegű források esetében a beszivárgás során történő lefele irányuló mozgást követően a felszínrelépési pont irányába a víz felfele irányuló mozgást végez. A felfele irányuló mozgás okozója lehet a hidrosztatikai nyomás, vetők és a felszín alatt közlekedő gázok felhajtó ereje (Pişota és Buta 1975, Szabó 1998). A felszálló jelleg általában a rétegvizeket érinti, így mi ennél mélyrehatóbban nem foglalkozunk ezzel a kategóriával.

A fentebb említett tételeket összegezve következtethetünk arra, hogy a talajvizek állandó kapcsolatban vannak a légkör jelenségeivel. A talajvízszint ingadozását befolyásolják a csapadékviszonyok, általános vastagságában pedig a vízáadó réteg vastagsága és porozitása is lényeges szerepet játszik. A talajvíz a felszíni rétegben jellemző hidraulikus vezetőképességi értékek szerint mozog többnyire leszálló vagy átbukó jelleggel a felszínrelépési pont irányába, ami a forrás. A talajvízforrások általában hidegvizűek, állandó vagy időszakos jellegűek és alacsonyabb vízhozammal rendelkeznek. A víz minőségét tekintve oldott anyag tartalma alacsonyabb, legfeljebb néhány száz mg/l lehet.

## A szennyezés fogalma

A felszín alatti vizeknek számos felhasználási módja van, amit a különböző vízigények hívnak életre. A talajvizet felhasználják ivóvízként, háztartási vízellátásra, öntözésre és vízellátásra a mezőgazdaságban – növénytermesztés, állattenyésztés, illetve az iparban. A felhasználás területe alapján eltérő lehet a víz fizikai-kémiai tulajdonságaira vonatkozó igény. Általánosan, de főként az ivóvízre vonatkozó igényektől eltérő minőségű vizeket szennyezetteknek nevezzük meg.

A szennyezés fogalmát a különböző szakirodalmak eltérő módon értelmezik. Míg a magyar nyelvű dolgozatokban csak a „szennyezés” kifejezést használják, addig az angol és román nyelvű irodalmak két részre osztják és elkülönítik a „contamination” / „contaminare” és „pollution” / „poluare” fogalmakat.

Kerényi A. (2006) a magyar szakirodalomba átveszi/behozza a GESAMP (tengeri szennyezésekkel foglalkozó szakértői csoport), az ENSZ Környezetvédelmi programja és a stockholmi környezetvédelmi világkonferencia meghatározását, miszerint a „**Szennyezés**” fogalma egyértelműen antropogén hatásra utal és olyan anyagok, illetve energiák közvetítését jelöli a környezet irányába, amelyeket az ember hozott létre és amelyek a természetes biológiai – geológiai – kémiai ciklusokhoz többletként adódnak hozzá.

Az angol szakirodalomból az ENSZ Élelmezésügyi és Mezőgazdasági Szervezete (FAO) által adott meghatározást vetítjük ki, amely az előző bekezdésben is említett GESAMP-ra támaszkodik. Ez alapján a „**Contamination**” kifejezés egyszerűen egy állapotot ír le és azt jelenti, hogy a környezetben előforduló anyagok (egyes anyagok) koncentrációja nagyobb, mint a természetes állapot által adott általános szint az adott területen. Ezzel szemben a „**Pollutin**” kifejezés egyértelműen antropogén hatásra utal és összegez minden olyan tevékenységet, anyag- és energia átadást, amellyel az ember direkt vagy indirekt módon kárt tesz a környezetében, élőlényekben, emberi egészségben, stb. (Sciortinor, Vicumar, 1999).

A román szakirodalomban sokszor elmarad a szennyezés kifejezés pontos értelmezése. Pl. Pisota – Zaharia – Diaconu (2010) a minőségi leromlás és az egyes vízbázisok szennyezésének okairól és típusairól beszél, de a vízszennyezés fogalmát nem tisztázzák. Az előbbiekhöz hasonlóan Sorocovschi (2009) a vízbázisokra potenciálisan toxikus anyagokról, illetve a szennyezésekre utaló mutatókról, nyomjelzőkről beszél anélkül, hogy a vízszennyezés fogalmát

tisztázná. A pontosabb meghatározást a korábbi évtizedekben kiadott szakirodalmakban kell keresnünk. Negulescu et al. (1982) szerint a vízszennyezés alatt a „poluare” kifejezéssel a vizek fizikai, kémiai és biológiai minőségének leromlását értjük, amelyet direkt vagy indirekt módon az ember vagy az egyes természeti/környezeti jelenségek okoznak. Mindezek által az adott vízbázis a felhasználási céloknak már nem lesz megfelelő (Negulescu, 1982). Ezen értelmezés alapján a szennyezés nem kimondottan antropikus eredettel társítható, a felhasználás szempontjából nézett minőségi leromlást takarja.

Kerényi (2006) említést tesz az úgynevezett akontaminánsokról, amelyek direkt módon nem fejtenek ki káros hatást, illetve nem vagy csak kevésbé módosítják a természetes állapotot, azonban a természetben megtalálható vagy oda mesterségesen bejuttatott egyéb szennyezőkkel reakcióba lépve már szennyező anyagot képeznek. Ilyen anyagok nem képezik a vizsgálódásunk tárgyát, ezért ennél mélyrehatóbban nem foglalkozunk ezzel a kategóriával.

A korábban adott meghatározásokból kiderül, hogy a szennyezés folyamata és hatásai leginkább a felhasználás szempontjából foglalkoztatják az emberiséget. A témát Kovács Zs. és Kárpáti Á. (2013) vetítik rá a felszín alatti vízbázisokra és megfogalmazzák ezek sérülékenységet. A talajvizek esetében ennek oka az, hogy nem rendelkeznek egy vastag vízzáró réteggel vagy egy olyan jellegű réteggel ami a szennyezők beszivárgását megakadályozná. A nyílt víztükrű mivolta miatt a felszínhez közeli talajvíz nagyon sérülékeny lehet, könnyen szennyeződhet. Hasonló helyzetű szennyezés lehet a karsztvizekben, parti szűrésű vizekben valamint a rétegvizek egyes részeiben. A szennyezések bizonyos időkereten belül megjelennek a forrásokban vagy a kitermelt vízben is.

### **A felszín alatti vizek és a talajvizek szennyezése**

A felszíni és felszín alatti vizek szennyezését több szinten értelmezhetjük, így az értelmezés egyre szűkebbé válik. Egyszerűbb megközelítésben a vízszennyezés során az emberi tevékenységek hatására kialakuló körülmények befolyásolják a vizek természetes minőségét. Második, az előbbinél szűkebb szemlélet szerint a veszélyes és egyéb anyagoknak a természetes koncentrációnál magasabb értéke a vízszennyezés. A legrészletesebb értelmezés szerint a

vízszennyezés alatt a természetes vizek azon állapotát értjük, amikor azok károsak az emberi fogyasztásra vagy a vízi életre bizonyos anyagok jelenléte miatt (Pregun és Juhász 2010).

Az előbb bemutatott három megközelítés közül a harmadikkal azonosulunk leginkább, ugyanis a szennyezést az ember szemszögéből tekinthetjük szennyezésnek. Pregun és Juhász (2010) rámutat arra, hogy a természetben zajló bizonyos fizikai és kémiai folyamatok eredményeként kerülhetnek olyan anyagok a felszín alatti vizekbe, különösen a talajvizekbe (az atmoszférából, bioszférából, litoszférából), amelyek az emberi szemszögből tekinthetők szennyezőnek (Pregun és Juhász 2010).

A szakirodalom megfogalmazza azt, hogy a felszín alatti vizek két módon szennyeződhetnek: pontszerű és diffúz szennyezés által. Pontszerű szennyezésről beszélhetünk, amikor a szennyezés jól lehatárolható forrásból történik. Ilyen például egy meghibásodott csővezeték, amely direkt módon szennyezi a talajvizet. A diffúz szennyezés forrása egy nagy területen szétszórva helyezkedik el. Diffúz szennyezésnek számítanak a mezőgazdasági tevékenység során kiszórt tápszerek vagy gyomirtók, rosszul tárolt hulladék, amelyek a talajt szennyezik. Eső vagy éppen hóolvadáskor a szennyezőt a beszivárgó víz magába oldja és ezáltal szennyezi vele a talajvizet (Bretotéan, 1981; Pregun és Juhász, 2010).

A felszín alatti vizek, köztük a talajvizek érzékenysége utal az a tény, hogy a szennyeződés hosszabb ideig, akár több évtizedig is fennmarad ezekben a vízbázisokban. Ez a felszín alatti lassú vízmozgással magyarázható (Bretotéan, 1981). A szennyeződés megvalósulását, be-, és kiáramlásának sebességét, illetve mértékét nagyban befolyásolja az adott földtani réteg anyagi felépítése. Ha a talaj vagy a réteg homokos és nagy szemcseméretű, a talajvíz (majd esetleg a rétegvíz) sokkal hamarabb szennyeződik, mint amikor agyagosabb. Amennyiben a felszínen egy legalább 3 méter vastag vízzáró réteg található, ez képes lecsökkenteni és lelassítani a szennyezés terjedését a vízáadó réteg irányába. Akárhon is helyezkedik el az első vízzáró réteg, a felszínén a szennyeződés is fel lesz tartva és a talajvíz fogja ezt magába oldani (Bretotéan, 1981).

## **A vizek kémiai szennyezése és ezeknek hatásai**

A vizek szennyezőinek három fő származási területét nevezhetjük meg: háztartási eredetű szennyezés, mezőgazdasági-, illetve ipari eredetű szennyezés. A háztartási eredetű szennyezés – mosószeres, mosogatószeres, fekáliák és egyéb, emberi bélflórából származó anyagok - nagy szervesanyag tartalommal rendelkeznek. A második forrás mezőgazdasági eredetű, szervesanyag tartalma nem olyan nagy mint a háztartási szennyeződésé, de összetételében nagyon jelentős a műtrágya (nitrátok, foszfátok, szulfátok), gyomirtó és az állati fekáliák, illetve bélflórából származó anyagok mennyisége. Harmadikként az ipar felelős, itt egyaránt szerves és szervetlen vegyipari anyagok (nitrátok, foszfátok, kloridok, nehézfémek, cián, fenolok, nyersolajszármazékok, radioaktív anyagok) járulnak hozzá a szennyezéshez (Bretotéan, 1981; Sárváry, 2011).

A természetben is megtalálható ásványi anyagok nagyobb mennyiségben való előfordulását természetes szennyezőként is lehet tekinteni. Ezek többnyire különböző sók, amelyek között szerepelnek például a nitrátok, szulfátok és a radioaktív anyagok is. Az antropogén szennyezők közé tartoznak a szennyvíz és trágya, mint szerves anyagok, a vízben oldható szervetlen anyagok (savak, sók, toxikus nehézfémek, és ezeknek vegyületei), szervetlen növényi tápanyagok, mint a nitrát és a foszfát, egyéb szerves vegyületek mint az olaj, kőolajszármazékok, peszticidek, detergensek (Sárváry, 2011).

Kutatásunk során az ammónium, nitrit, nitrát és foszfát szennyezéssel foglalkoztunk, ezért a szakirodalmi áttekintés során is ezekre térünk ki részletesebben.

A nitrogén a vegyületeiben fontos tápanyagnak számít az élőlények számára, amelyek közül kiemelendő szerepük van növényi tápanyagként. A nitrogénciklus során az elemi nitrogén vagy a lebomlásban levő szerves anyagból származó nitrogén a talajban átalakul, vízzoldható vegyületei és sói alakulnak ki, amelyek a növények számára könnyen felvehetőek. A vízzoldható nitrogénformák – ammónium, nitrit, nitrát a csapadékvízben is jelen vannak, mennyiségük azonban kicsi (Jakab, 2004; Öllös, 2012).

A vízzoldható nitrogénformák természetes úton történő létrehozása a talajban zajlik. Az ásványi nitrogénformákat a mikroorganizmusok immobilizálják, vagyis szerves kötésbe viszik. A gáznemű nitrogént a kék és zöld algák, valamint egyes baktériumok képesek megkötni semleges és enyhén bázikus közegben. A talajban a nitrogénmegkötés, illetve a szervesanyag bomlás során ammónium ( $\text{NH}_4$ ) képződik első lépésként. A továbbiakban, aerob körülmények között az

ammóniumot a nitrifikáló baktériumok előbb nitritté ( $\text{NO}_2$ ), majd nitráttá ( $\text{NO}_3$ ) alakítják (Stefanovits, et. al., 1999). Az ammóniumot általában a mikrobiológiai folyamatok hamarabb asszimilálják, mivel ehhez kevesebb energiára van szükség. A nitrátok asszimilációjához több energia kell, így általában azok több ideig megmaradnak az adott közegben, így a talajból kioldva, a talajvízben is (Öllös, 2012).

Az előbb említett nitrogénvegyületek másik antropogén forrása a növénytermesztésben használatos műtrágya, amelynek egy része könnyedén a talajvízbe mosódhat (Stefanovits, et. al., 1999).

Ha a vízben nagyobb mennyiségű ammónium-iont ( $\text{NH}_4$ ) vélünk felfedezni utalhatunk arra, hogy a vízbázist friss szennyeződés érte, ami lehet állati vagy emberi ürülék. A nitriteket ( $\text{NO}_2$ ) ritkábban és rövidebb ideig figyelhetjük meg vizekben, mivel a baktériumok gyorsan átalakítják nitráttá ( $\text{NO}_3$ ). A nitrát jelenléte tehát régi/idősebb szennyeződésre utal (Sárváry, 2011). Amikor mindhárom magas értéket mutat, akkor állandó vagyis folyamatos szennyezésre utaló nyomok vannak. Abban az esetben, ha csak a nitrit illetve nitrát található meg a vízben, akkor arra lehet következtetni, hogy régi szennyezés van jelen, vagy a szennyezés forrása megszűnt (Varduca, 1997). A nitrátszennyezés veszélyes az emberi szervezetre nézve, mivel gátolja a vörösvérsejtek oxigénfelvételét. Csecsemőknél ez légzésproblémákhoz vezethet és orvosi beavatkozás hiányában halált okoz (Sárváry, 2011).

A foszfor a felszíni, illetve felszín alatti természetes (szennyezetlen) vizekben csak foltokban jelenik meg. A talajban a foszfor szervetlen és szerves kötésben jelenik meg. A leggyakrabban előforduló szervetlen foszfor-vegyület az ortofoszfát- $\text{PO}_4^{3-}$  anion, ami nehezen oldódik. A szerves kötésben levő foszfor a szervesanyag lebontás során szabaddá válik és oldható lesz. A foszfátok fontos növényi tápanyagok, így műtrágya formájában is gyakran használja a mezőgazdaság (Stefanovits, et al, 1999).

A szervetlen foszfátvegyületek nem károsak az emberi szervezetre, de az eutrofizáció folyamatát erősen felgyorsítják, mert a növények tápanyagként hasznosítják (Rácz, 2011). A foszforvegyületek, vagyis a foszfátok csak nagymennyiségben jelenthetnek veszélyt az emberi egészségre, ilyenkor emésztési zavarokat okoznak (Oram).

Ezen fejezetben olvashattuk, hogy a felszín alatti vizeink milyen szennyezésnek vannak kitéve. Természetes módon is „szennyeződhetnek” de egyre gyakoribb az ember általi szennyezés. Ezek a szennyezések elsősorban a talajt szennyezik, amelyből a csapadékkal kimosódva a talajvízbe kerülnek. A talajvíz által beoldva és elszállítva a szennyezők megjelennek a hagyományos ásott kutakban, a fúrt talajvízkutakban és a természetes édesvíz forrásokban. Mindhárom vízkivételi pont az ivóvízellátást is szolgálják.

## Anyag és módszer

Jelen kutatást abból az indíttatásból végeztük (végezzük), hogy a Kolozsvár környékén található látogatottnak vélt természetes források minőségéről, szennyezettségi fokáról információkat gyűjtsünk. Célunk, hogy mérési eredményeinket a helyszínen kifüggeszük, ezzel is hozzájárulva a vizet töltő látogatók informálásához.

Kolozsvár környékén négy természetes forrást választottunk a vizsgálatunk tárgyának. Ezek a következők: Szent János-forrás, Erzsébet-forrás, Bivalyos-forrás, Szamosfalvi gyógyfürdő egyik forrása. A kiválasztás alapjául elsődleges kritérium a látogatottság volt. Habár pontos számszerű adatokkal e tekintetben nem rendelkezünk, de a helyszíni kiszállásainkkor tett megfigyelések, illetve a könnyű elérhetőség / megközelíthetőség a gyakori használatot támasztotta alá az előbb említett négy forrás esetében.

A források vizének vizsgálatára négy alkalommal került sor: 2018 decemberében, illetve 2019 február, március és áprilisi hónapokban. A mérések időpontjait elsősorban az időjárási helyzetek szeirnt választottuk meg, de ugyanakkor figyeltünk arra is, hogy a havi rendszeresség is szerepet kapjon. Az időjárási tényezőkhöz való igazodás azon alapszik, hogy csapadék által az esetleges szennyezők bemosódhatnak, vagy hosszabb szárazabb idő után azt várhatjuk el, hogy az össz-oldott anyag tartalom és vele együtt a szennyezők is magasabb koncentrációban jelenhetnek meg. Mindezeket befolyásolja a szennyezők forrásának elhelyezkedése, formája, jellege.

A vizsgálatok során mintát vettünk a négy forrás vizéből, amelyeket a lehető legrövidebb időn belül (a mintavételi nap folyamán) elemeztünk. A mintát fél literes palackokban gyűjtöttünk össze. A palackokat előbb átöblítettük az adott forrás vizével, majd teljesen megtöltöttük, így a szállítás folyamán kevésbé rázódtak a minták. Néhány esetben a helyszínen is megtörtént bizonyos paraméterek mérése.

A vizsgált általános paraméterek a következők voltak: hőmérséklet, elektromos vezetőképesség (EC), TDS (Total Dissolved Solids – össz-oldott ásványi anyag), pH. Mindezeket a Thermo Orion 5 Star hordozható elektródás multiparaméter mérő műszer segítségével mértük. A pH elektróda 0.01 egységnyi pontossággal méri az oldat kémhatását. A hőmérsékletet és vezetőképességet mérő elektróda 0.1 °C pontossággal adja a hőmérsékleti értéket, míg a vezetőképesség-mérés pontossága 0.01 microS/cm. A TDS-t a műszer nem direkt méri, hanem az elektromos vezetőképesség értékéből származtatja azon elv alapján, hogy az oldott ásványi

anyagok vezetnek az elektromos áramot. Figyelembe kell azonban venni azt, hogy a vezetőképesség nem különbözteti meg az anionok és kationok egyenkénti vezetőképességét, így a műszer által kapott TDS nem egyezik meg a tényleges oldott anyag tartalommal, csak úgymond egy jó közelítést adja ezen paraméternek. Mindezek ellenére a TDS-t olyan célból alkalmazzuk, hogy a koncentrációk könnyebben értelmezhetők legyenek.

A talajvizeket szennyező anyagok közül négy paraméter folyamatos vizsgálata történt, ezek a következők: ammónium-ion ( $\text{NH}_4^+$ ), nitrit-ion ( $\text{NO}_2^-$ ), nitrát-ion ( $\text{NO}_3^-$ ) és foszfát-ion ( $\text{PO}_4^{3-}$ ). Ezen szennyezők részletesebb bemutatása az Eredmények – a Kolozsvár környéki források szennyeződése fejezetben történt meg. Az ammónium-ionok és a foszfát-ionok koncentrációját a Merck RQflex Plusz 10 reflektometriás multiparaméter mérő segítségével vizsgáltuk (4. Ábra). Az eredményeket a műszer 0.1 mg/l pontossággal adja meg. Az egyes ionok vizsgálata a Merck cég által előre előkészített tesztsíkok segítségével történik. A tesztsíkokat a vízmintába mártva, majd a műszerbe helyezve elért reakcióidő után megkapjuk az eredményt. Az ammónium-ion tesztsík mérési tartománya 0.2-7 mg/l, míg a foszfát-ion tesztsík 5-120 mg/l.

A nitrit-ionok koncentrációját a Merck cég által gyártott, kolorimetriás alapú készlet segítségével határoztuk meg. Az eredmények a minta elszíneződése révén olvashatók le 0.025 – 0.5 mg/l közötti tartományban.

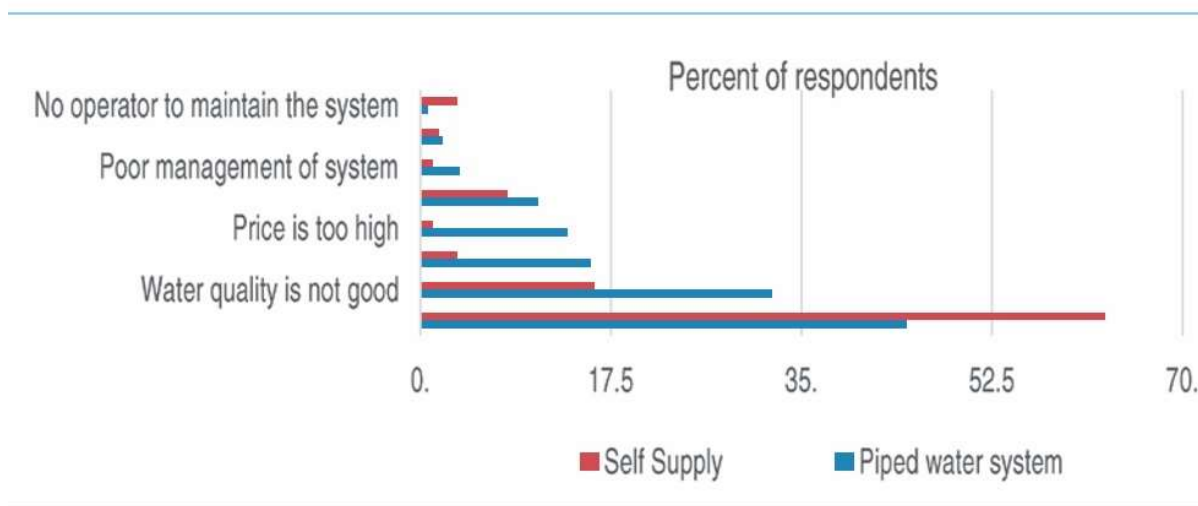
A nitrát-ion koncentrációját a Nitrachek 404 reflektometriás műszerrel vizsgáltuk, amelybe a Merck cég által gyártott tesztsíkokat helyeztük (4.Ábra). A tesztsíkok mérési tartománya 5-500 mg/l, 1 mg/l pontossággal.



4. ábra Mérőműszerek(forrás: saját fotó)

## A természetes források fogyasztásának igényéről

A települések lakossága ivóvízszükségletük ellátását több forrásból fedezi. Ezek közé sorolhatjuk elsőként a vezetékes vizet, majd a palackozott vizeket és végül a természetes forrásokból töltött vizet. Az Európai Bizottság egy 2018-as jelentése a vezetékes ivóvizet tekintve négy problémát azonosított az ivóvízre vonatkozó direktívával kapcsolatban: (1) az ivóvíz minőségét biztosító paraméterek listája nem volt átvizsgálva és frissítve az elmúlt 20 (19) évben, (2) a kockázatot jelentő elemekre / paraméterekre nincs kellőképpen hangsúly fektetve, (3) az ivóvízzel érintkező anyagok kezelése, szabályozása nem egységes, (4) a lakossági bizalmi kérdések és információátadás problematikája. A negyedik pontot részletezve a bizottsági jelentés rámutat, hogy az EU lakosságának csupán 19%-a bízik a vezetékes víz minőségében (EU Comission, 2018). A Világbank 2018-as jelentése a romániai vízgazdálkodást és rendezést tekintve rávilágít arra, hogy az ország lakosságának nagy százaléka fogalmaz meg elégedetlenséget a vezetékes víz minősége, nyomása, majd árával kapcsolatban (5. Ábra) (Word Bank, 2018). Mindezek következtében észrevehető, hogy a lakosság „alternatív megoldásokat” keres a problémájára, ami egyrészt a palackozott vizek fogyasztása (amennyiben anyagilag megoldható), illetve a természetes forrásokból való vízkivétel / vízelvitel.



5. ábra A Romániai háztartásoknak a vízellátási helyzetre vonatkozó aggályai. (forrás: Word bank 2018)

**Jelen kutatás** elvégzésének igénye azon felismerés által fogalmazódott meg, hogy a kolozsvári lakosság is ismeri (részben) és használja a környékbeli természetes források vizét.

Habár számadatokkal ezt alátámasztani nem tudtuk, de a forrásokhoz történt helyszíni kiszállásaink során több látogatóval is találkoztunk, illetve az ismerősi körünkben levők között is akadtak, akik rendszeresen látogatják ezen helyszíneket ivóvízelviteli célból.

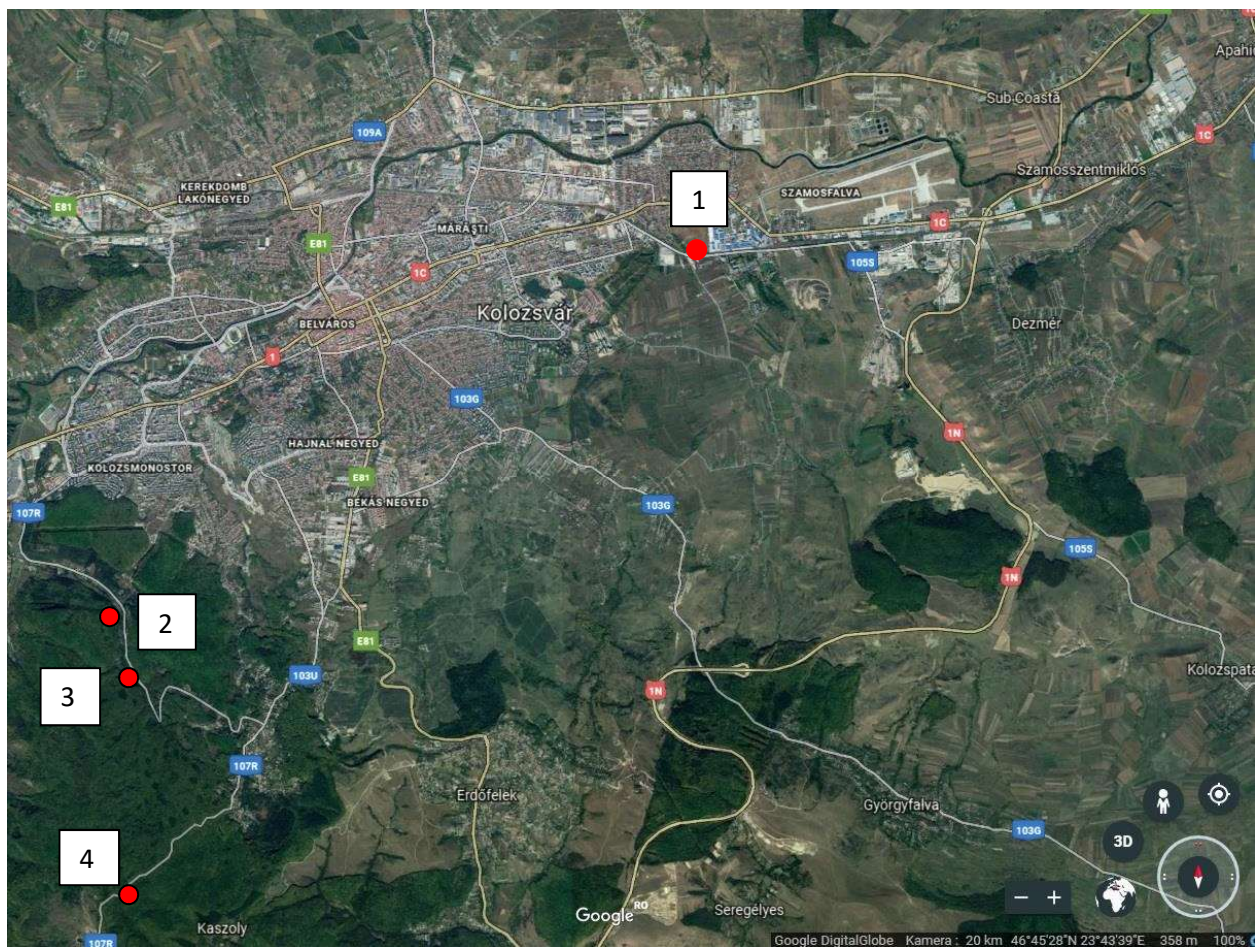
A források helyszínén a víz minőségére vonatkozó felmérés vagy bármilyen jellegű vizsgálati eredmények adatai teljességgel hiányoznak, ami alapján joggal tehetjük fel a kérdést arról, hogy ilyen vízanalízisek egyáltalán készültek-e. A kutatásunk célja, hogy néhány vízminőségi paraméter vizsgálatával (a teljesség igénye nélkül) a jelenlegi információhiányt részben pótolhassuk a forrásokat látogató közönség számára.

## Kolozsvár környéki természetes források

A Kolozsvár környéki kirándulóhelyek bemutatására az erdélyi turistasággal párhuzamosan született meg az igény. Orosz F. 1937-ben megjelent kalauza is kitér a kirándulóhelyekre. A kalauzhoz egy átfogó térkép is van csatolva (6. Ábra), amelyen több természetes forrás is fel van tüntetve, köztük az Erzsébet, Szent János és Majláth- források is.

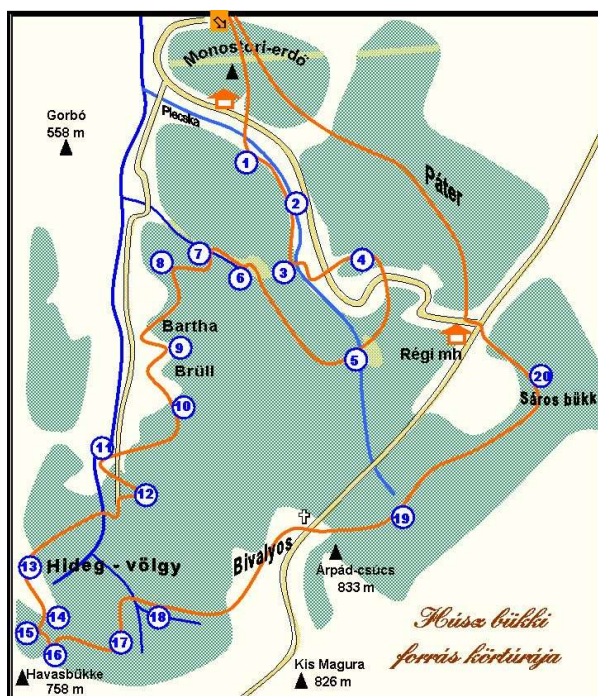


**6. ábra Orosz Ferenc (1937)-ben megjelent kalauzából átvett térkép (forrás: Cluj-Kolozsvári Kalauz 1937)**



7. ábra Az általunk vizsgált természetes források helyszínei. 1. Szamosfalvi fürdő forrása; 2. Erzsébet forrás; 3. Szent János-kút; 4 Bivalyos forrás.

A kolozsvári Erdélyi Kárpát-Egyesület (EKE) az a társaság, amelynek részletes feljegyzése van a város környezetében / környékén levő forrásokról. Ezen belül még részletesebb



8. ábra Hús-büki forrás körútja cikkből kivett turista térkép. (forrás: Tóth 2009)

a forrásleírás a Bükk –erdő és a Szénégető-tető térségéről (7. Ábra). Ezek a források a következők: Erzsébet-forrás (1); Hóvirág-forrás (2); Szent János-kút (3); Rejtett- forrás (4); István-forrás (5); Cérna-forrás (6); Mackó (Vadász)-forrás (7); Binder-forrás (8); Bartha (kilátó alatti)-forrás (9); Dagonyás-forrás (10); Patak-forrás (11); Tisztás-forrás (12); Pásztor-kút (13); Major-forrás (14); EKE-forrás (15); karsztforrás (16); Szelicsei-karsztforrás (17); Hideg-karsztforrás (18); Majláth-kút (19) és a Rajka (Helena) forrás (20).

A Szabadság folyóirat 2009. Január 30.-i számában Losonczy J. részletes történeti leírást ad a kolozsvári és a város környéki forrásokról és ivóvízkutakról. A római kortól a jelenkorig megtalálhatóak benne a hajdani források helyszínei. Számos kútról számol be, amelyek az óvárban vagy a környékbeli területeken voltak. Nagyrészüik már nem létezik, azonban akadnak olyanok is, amelyek mai napig megtalálhatók. Ezek közül kiemeljük az Erzsébet-forrást, a Szent János-forrást és a Szamosfalvi-forrást, ugyanis ezek képezik a felmérésünk tárgyát. A cikkből kiderül, hogy a Szent János-forrás már az 1900-as évek elején közkedvelt volt, időnként közösségi összefogással kitisztították, esetleg újfoglalták. ( Losonczy 2009)

## A felmérésbe bevont Kolozsvár környéki források

### Szent János-forrás

A Szent János-forrás (8. Ábra) a Gorbó-patak vízgyűjtőjében levő Plecska-patak völgyében, a patak bal oldalán, attól néhány méterre tör a felszínre (46.727472, 23.554449). A forrás mellett halad el a vörös kereszttel jelölt turistaösvény, amely szintén hozzájárul a forrás szélesebb körben való ismeretéhez. Gyakran lehet kirándulókkal találkozni, akik véletlenszerűen, csak a jelzést követve jutnak el a forráshoz. Az ismertséget növeli az a tény is, hogy aszfaltozott úton autóval is könnyedén megközelíthető. Tömegközlekedés nem jár a környéken.



Ösvény és egy híd segít átjutni a patakon a Szent János úttól a forrásig. Csapadékos időszakban az átvezető ösvény sáros. Paddal és egy információs táblával van a hehyszín ellátva. Az információs tábla tartalma a térségben levő turistaútvonal-hálózatot ábrázolja, a forrásról semmiféle információ nincs feltüntetve. A forrás környezete gyakran szemetes, ezt azonban a visszatérő látogatók egy része időnként összeszedi és elszállítja.

A forrásnak kőfoglalata van, márványtáblán van. A rajta feltüntetett felirat már nem látszik. A forrás vízhozama jó, sokan látogatják.

9. ábra Szent János-kút (saját fotó)

### Erzsébet –forrás

Az Erzsébet-forrás (9. Ábra) a Plecska-patak völgyében, a Szent János-forrástól lennebb tör a felszínre (46.737360, 23.548775). A műúttól távolabb található, egy megközelítőleg 50 m átmérőjű laposabb, nyílt tér mögött, az erdő / lejtő aljában. A forráshoz nem vezet ösvény.

A forrásfoglalás meghibásodására utal az a tény, hogy a víz nemcsak a kivezető csövön távozik, hanem a foglalat mellett diffúz feltörés formájában is. A forrásfoglalás stílusa nagymértékben hasonlít a Szent János-forrásnál levőhöz, így arra következtethetünk, hogy



egyidőben történhetett.

A forrás vizét valószínűleg kevesebben használják a nehézkes töltési lehetőségek miatt, azonban a táborozások nyomai arról árulkodnak, hogy valamely számú közönség megfordul a forrás környezetében.

**10. ábra Erzsébet forrás (saját fotó)**

### **Bivalyosi-forrás**

A Bivalyos forrás (10. Ábra) Szelicse irányába, a Bükk-erdőn átvezető DJ107R műút mentén, az út bal oldalán található (46.702452, 23.554150). Személyi autóval könnyen megközelíthető, tömegközlekedés is jár az itt elhaladó útvonalon, ez azonban nagyobb időközönként történik meg naponta. A Google által közzétett StreetView segítségével kivehető, hogy a 2012-es felvételen még kiépítetlen a környéke, foglalata csupán egy fedővel rendelkező köpü. Feltételezzük, hogy a műút modernizálása során építették ki ezt a forrást. A műúttól a forráshoz kis híd és lépcső vezet.

A forrásnak jelenleg betonfoglalata van ajtóval és födéllel ellátva. A forrás és közvetlen környezete fölé egy fillegóra-szerű építményt emeltek, így asztal és padok is megtalálhatóak alatta.

A forrás környezete szemetes annak ellenére, hogy van szeméttároló kuka. Ebből két dologra lehet következtetni: sok a látogató, illetve ritkán ürítik ki a szemetes ládát. Mivel erdős területen található így ősszel a lombkorona hullásakor a forrást olykor teljesen betakarja a levél. Inforációs tábla nincs, a forrás neve sincs sehol feltüntetve.



**11. ábra Bivalyos-forrás (saját fotó)**

### **A hajdani Szamosfalvi Gyógyfürdő egyik forrása**

A hajdani Szamosfalvi Gyógyfürdő területén számos édesvizű és ásványvíz forrás, illetve fűrés található. A 2017-es ETDK-n bemutatott kutatás (Gombos, 2017) során mélyrehatóbban foglalkoztunk ezzel a területtel, így a jelenlegi felméréshez több információval rendelkezünk ezekről a forrásokról. Az itt tett gyakori látogatások alkalmával figyeltük meg, hogy a meglevő források közül melyik a leglátogatottabb, azt vontuk be a jelen felmérésbe. Ez a, a vasútvonal irányából megközelítve az első forrás az ösvény jobb oldalán (46.778486, 23.651911), amit az tízes számú forrásként tartanak számon a hajdani gyógyfürdő területéről (11 . Ábra). Megfigyeléseink közé tartozik az is, hogy az ide ellátogatók több információval rendelkeznek magáról a fürdőről, a fürdőéletéről és a forrásokról is.

A valamikori fürdőtelep teljes területére a leromlott állapot, az elhanyagoltság és a szemetes környezet jellemző. A forrás közvetlen környezete kevésbé szemetes.

A forrásnak kő és betonfoglalata van. Vize egy felszín alatti tárolóba gyűlik össze, ahonnan egy csövön keresztül távozik a víz. A csővezeték elzárják, hogy töltéskor nagyobb vízhozamot érjenek el. Emiatt a víz kevésbé frissül, hajlamosabb a mikrobiológiai szennyezők elszaporodására, illetve nem mérhető valós vízhozam belőle.



12. ábra Szamosfalvi fürdő vasút irányából való megközelítésekor az első forrás(saját fotó)

## Eredmények – a Kolozsvár környéki források szennyeződése

A korábbi fejezetben már említést kapott az a tény, hogy a vizsgált forrásokhoz látogatók ivóvízpótlási célból visznek el vizet. A víz nem megfelelő minősége egészségügyi problémák kialakulását idézheti elő. A kutatás célja az volt, hogy megvizsgáljuk milyen mértékben felelnek meg ezek a forrásvizek a romániai ivóvíztörvényben előírt határértékeknek bizonyos szennyezők szempontjából. A vizek ezen paramétereinek rendszeres ellenőrzése fontos szerepet kap, hiszen a nyílt víztükrű rendszerek, a talajvíz állandó kapcsolatban van a felszínen zajló folyamatokkal, különösen a meteorológiai jelenségekkel. A természeti folyamatok mellett az antropogén hatás is érvényt kaphat, amennyiben a beszivárgó csapadékvíz adott régi, vagy frissen elhelyezett / létrehozott szennyező pontból bizonyos anyagokat bemos a talajvízbe.

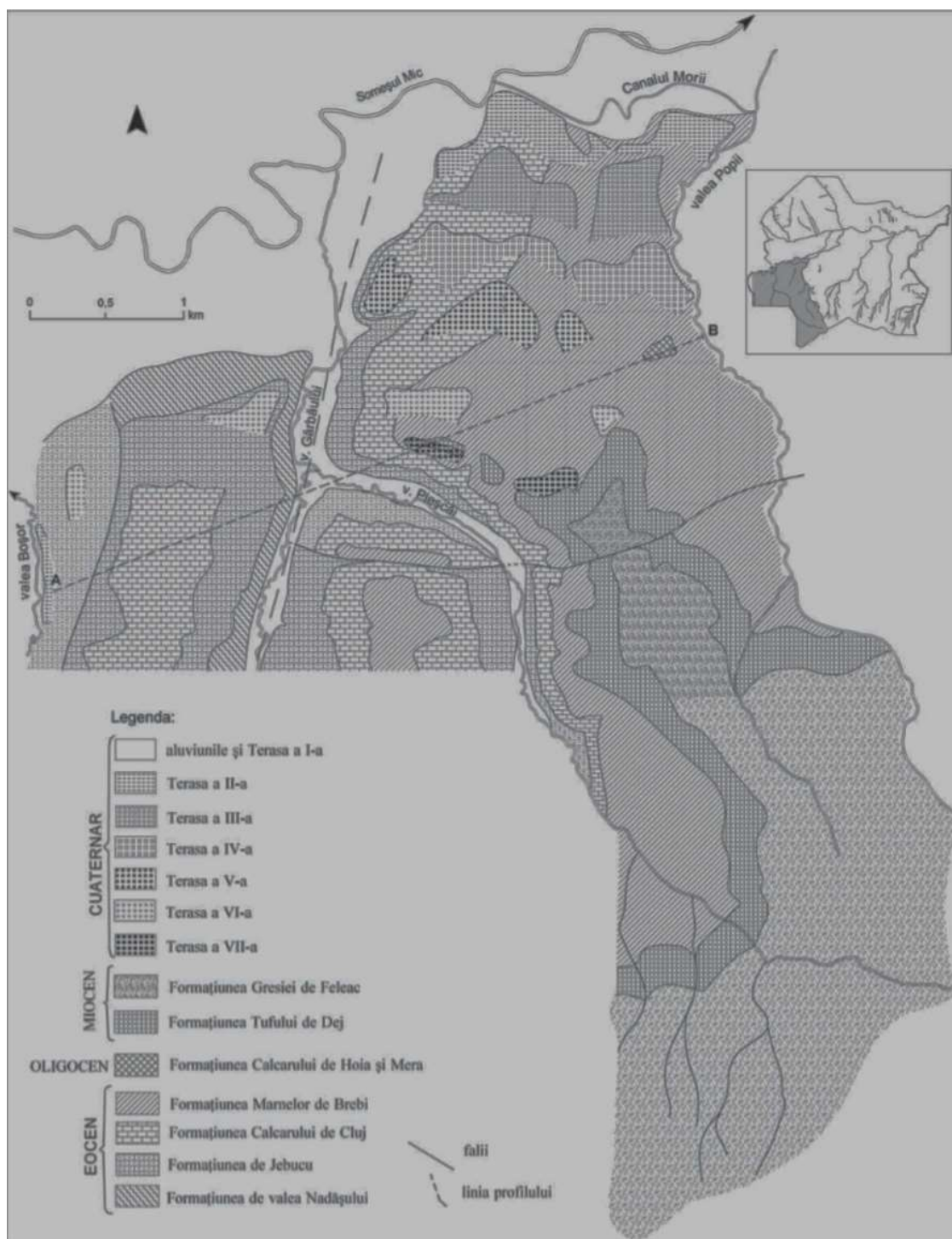
Az általunk mért ammónium, nitrit, nitrát és foszfát csak egy része a lehetséges szennyezőknek, viszont ezek a leggyakoribb szervesetlen szennyeződési formák közé tartoznak. A 458/2002-es törvény értelmében az alap-paraméterek és a négy szennyező ivóvízben megengedett felső határértékei a következők:

**2. táblázat Alap paraméterek és a négy szennyező határértékei**

| NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> | NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> | NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> | PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> | pH      | EC mS/cm |
|------------------------------|------------------------------|------------------------------|-------------------------------|---------|----------|
| 0,50 mg/l                    | 0,50 mg/l                    | 50 mg/l                      |                               | 6,5-9,5 | 2500     |

### A Szent János-forrás vízminősége és lehetséges szennyeződése

A Szent János-forrás környékét övező földtani formációkról Poszet Sz. (2011) doktori tézisében olvashatunk. A Pleska-patak völgyét övező keleti és nyugati oldalon levő vízvásztótól a patak völgyéig a következő formációk helyezkednek el a felszínen: keleti oldal, a völgy jobb oldala, a vízvásztótól a völgyig: Feleki homokkő formáció, Dési tufa formáció, Brebi márga, Kolozsvári mészkő formáció és Zsoboki formáció; nyugati oldal, a völgy bal oldala, a vízvásztótól a völgyig: Brebi márga, Kolozsvári mészkő formáció, Zsoboki formáció (12. Ábra).



13. ábra Geológiai térkép a Bosor völgye és a Papok völgye közti térségről (forrás: Poszet Szilárd 2011)

| Stratificatia | Adancimea | Denumirea stratului                               | Compozitia granulometrica (%) |         |       |       |        | Umiditate naturala (%) | Limita de framantare (%) | Limita de curgere (%) | Indice de plasticitate (%) | Indice de consistenta (%) | Porozitate (%) | Indicele porilor (%) | Unghi de frecare intern (%) | Coeziune (kPa) | Umflarea libera (%) |
|---------------|-----------|---------------------------------------------------|-------------------------------|---------|-------|-------|--------|------------------------|--------------------------|-----------------------|----------------------------|---------------------------|----------------|----------------------|-----------------------------|----------------|---------------------|
|               |           |                                                   | Bolovanis                     | Pietris | Nisip | Praf  | Argila |                        |                          |                       |                            |                           |                |                      |                             |                |                     |
|               |           |                                                   | 70                            | 2       | 0,06  | 0,005 |        | W                      | W <sub>p</sub>           | W <sub>c</sub>        | Ip                         | Ic                        | n              | e                    | φ                           | c              | U <sub>L</sub>      |
| Forajul 5     | 0 m       | Umplutura de pietris si bolovanis                 |                               |         |       |       |        |                        |                          |                       |                            |                           |                |                      |                             |                |                     |
|               | 0,7 m     | Argila prafoasa maronie-galbuie, plastic vartoasa |                               |         | 7     | 46    | 47     | 20                     | 19                       | 56                    | 37                         | 0,94                      | 45             | 0,81                 | 15                          | 31             |                     |
|               | 2,4 m     | Nisip argilos maroniu-galbui                      | 1                             | 44      | 27    | 28    |        | 14                     | 13                       | 32                    | 18                         | 0,96                      | 42             | 0,72                 | 29                          | 8              |                     |
|               | 3,8 m     | Nisip cu pietris                                  | 48                            | 52      |       |       |        | 16                     |                          |                       |                            |                           |                |                      |                             |                |                     |
|               | 4,5 m     |                                                   |                               |         |       |       |        |                        |                          |                       |                            |                           | 48,8           | 0,95                 | 34                          | 0              |                     |

14. ábra Fúrás a Gorbó völgyéből a talajszintek megállapítására.(forrás Poszet 2011)

Habár a Poszet (2011) által közölt térkép nem terjed ki a Szent János-forrás helyszínére, a kontinuitás elve alapján azt feltételezhető, hogy az előbb felsorolt formációk kiterjedése a forrás környezetét is érinti. A forrás ezek alapján a Zsoboki formáción van rajta, ami felveti a kérdést, hogy Szent János-forrás karsztforrás jellegéről.

A földtani háttérrel figyelembe véve elmondhatjuk, hogy a források topográfiai vízgyűjtő területét felépítő kőzetek többsége jó porozitású (homokkő), illetve repedezett (mészkő, dolinák a térségben), mindezek jó hidraulikus vezetőképességet is biztosítanak a felszín alatt szivárgó víznek. Tehát a beszivárgást a talaj agyagossága (Poszet, 2011) lassítja némiképp, de a néhány méter talajszint alatt a porózus és repedezett kőzetben a víz mozgása / haladása / áramlása akadálytalanul történhet. Ez, amint már említettük, kockázati tényezőként jelentkezhet az esetleges szennyezők bemosása által.

A Szent János-forrás vizének elemzését a 3. táblázatban mutatjuk be. A méréseket egy alkalommal végeztük a helyszínen, ezért a hőmérsékleti adat csak a decemberi hónapban kap értelmet.

3. táblázat A Szent János kút vizének mérési eredményei, és a mérés idején jelenlévő időjárásviszony

| Szent János forrás | NH <sup>4+</sup> mg/l | NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> mg/l | NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> mg/l | PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> mg/l | pH   | TC °C | EC μS/cm | TDS mg/l | Időjárás viszony |
|--------------------|-----------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|------|-------|----------|----------|------------------|
| December 16        | 3,8                   | <0.025                            | 5                                 | <5                                | 6,97 | 9,6   | 524      | 257      | Havazás          |
| Február 21         | <0,2                  | <0.025                            | 8                                 | <5                                | 6,91 |       | 810      | 379      | Csapadékmentes   |
| Március 21         | <0,2                  | <0.025                            | 9                                 | <5                                | 6,91 |       | 793      | 389      | Csapadék után    |
| Április 12         | <0,2                  | <0.025                            | 6                                 | <5                                | 7,02 |       | 804      | 394      | Hosszú szárazág  |

A mért adatokból kitűnik, hogy a decemberi eredményeket leszámítva a forrás vize viszonylag állandó minőségi mutatókkal jellemezhető. A február-áprilisi mérések során a vizsgált paraméterek értékei csak elhanyagolható ingadozást mutatnak. A szennyezők közül az ammónium és nitrit értékei 0.2 mg/l, illetve 0.025 mg/l alatt maradnak. A nitrát esetében alacsony koncentrációkat mértünk, amelyek mutatnak némi ingadozást, de ez elhanyagolható. Mindezek alapján a februári, márciusi és áprilisi vízminták a vizsgált paraméterek szempontjából megfelelnek az ivóvíz esetében elvárt minőségnek.

A mért adatok közül egyértelműen kitűnnek a decemberi hónapban vett vízminták mérési eredményei. Legszembetűnőbb eltérést az ammónium és az elektromos vezetőképesség (EC), valamint az utóbbiból származtatott TDS mutatja. Ebben a mintában az oldott anyag tartalom / a koncentráció alacsonyabb, amiből arra következtethetünk, hogy a víz hígult. Emellett az ammónium koncentrációja nőtt, sokkal nagyobb értéket mutat. E kettő együtt a következőképpen értelmezhető: a víz hígulását a mintavételi időszakban jellemző enyhe hőmérséklet melletti havazás okozta olvadékvíz beszivárgása eredményezte, amely ugyanakkor egy adott szennyező forrásból ammónium-dús anyagot mosott be a talajvízbe. Ez a forrásban is észlelhető volt. Az ammónium jelenléte, a szakirodalmi áttekintés alapján, friss szennyeződésre utal, vagyis az adott szennyező nem töltött sok időt a talajban, az átalakulási ciklus elején van még. Ez a tényező azt sejteti, hogy a szennyeződés forrása nem diffúz, hanem pontszerű, nem a talajban van benne, hanem, valószínűleg, a talaj felszínén. A szennyezés hamar megjelent a forrás vizében, ami a karsztjellegét támasztja részben alá.

A szennyeződés viszonylag hamar kiürült a felszín alatti rendszerből, ugyanis két hónappal később már nem volt jelen, illetve a nitrogénciklusra jellemző átalakulási folyamatok során képződő további nitrogén-vegyületek, a nitrátok sem voltak jelen a mintában.

A decemberi vízminta esetében az ammónium értéke többszörösen meghaladja az ivóvízre meghatározott felső határértéket, így fogyasztása nem javallott.

### **Az Erzsébet forrás vízminősége és esetleges szennyeződése**

Az Erzsébet forrás geológiája hasonló a Szent János forrásával. Nem meglepő mivel ugyanazon völgyben találhatóak, nem messze egymástól. Ezért a forrás környezetében található földtani formációk ismételt leírása nem szükséges.

4. táblázat Az Erzsébet forrás minőségének és néhány paraméterének vizsgálata

| Erzsébet forrás | NH <sup>4+</sup> mg/l | NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> mg/l | NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> mg/l | PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> mg/l | pH   | TC °C | EC µS/cm | TDS mg/l | Időjárás viszony |
|-----------------|-----------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|------|-------|----------|----------|------------------|
| December 16     | <0,2                  | < 0.025                           | <5                                | <5                                | 7,07 | 7,3   | 635      | 311      | Havazás          |
| Február 21      | <0,2                  | < 0.025                           | <5                                | <5                                | 7,07 |       | 691      | 339      | Csapadékmentes   |
| Március 21      | <0,2                  | < 0.025                           | <5                                | 8                                 | 7,06 |       | 726      | 356      | Csapadék után    |
| Április 12      | <0,2                  | < 0.025                           | <5                                | <5                                | 6,99 |       | 723      | 354      | Hosszú szárazág  |

A mérések eredményeiből megfigyelhetjük azt, hogy a forrás időjárástól függetlenül stabil marad minőség szempontjából. A mérések elvégzését követően olyan kis mértékű szennyeződés lehet a vízben amit a műszer nem képes érzékelni. Ilyen szinten az ammónium < 0,2 mg/l; nitrit <0,025mg/l; nitrát <5 mg/l értékek alatt maradtak, ami teljesen megfelel az ivóvíz értékek meghatározott minőségének. Kisebb változás volt megfigyelhető márciusban a foszfát területén, de mivel ennek nincs hatása az emberi szervezetben így ez az érték hanyagolható. Az Erzsébet illetve a Szent János forrás hasonló földtani formációkban(Zsoboki formáció) találhatóak nem messze egymástól. Lehetséges lenne, hogy Az Erzsébet-forrás is egy karsztforrás. A mért eredményekből az olvasható le, hogy nem karsztforrás, hanem csak lassabb beszivárgás általi talajvízforrás. A forrásokat tápláló víz eltérő helyszínről származik. Ez tudható abból, hogy a decemberi hónapban az Erzsébet forrás vize nem szennyeződött, valamint abból is kimutatható, hogy oldott anyag mennyiségben a Szent János-forrás vize nagymértékben ingadozott míg az Erzsébet-forrás vize nagyon kis mértékben mutat eltérést.

#### A Bivalyos-forrás vízminősége illetve esetleges szennyezése

A forrás helyszíne megközelítőleg a 12. ábra alján a jelmagyarázat alatti részen található. Ha a kontinuitás elvét alapozzuk akkor megfigyelhető az, hogy a térkép déli része vagyis a hegy teljes részét a Feleki formáció jellemzi. Homokkő révén nagyon jó porozitású és jó hidraulikus vezetőképességgel rendelkező kőzet. Ha a víz könnyen mozog ebben a közegben, akkor szennyeződés esetén az hamar megfigyelhető a forrás minőségén. Az (5.táblázat) mutatja be a forrás mért eredményeit.

5. táblázat A Bivalyos-forrásvíz mérésének adatai.

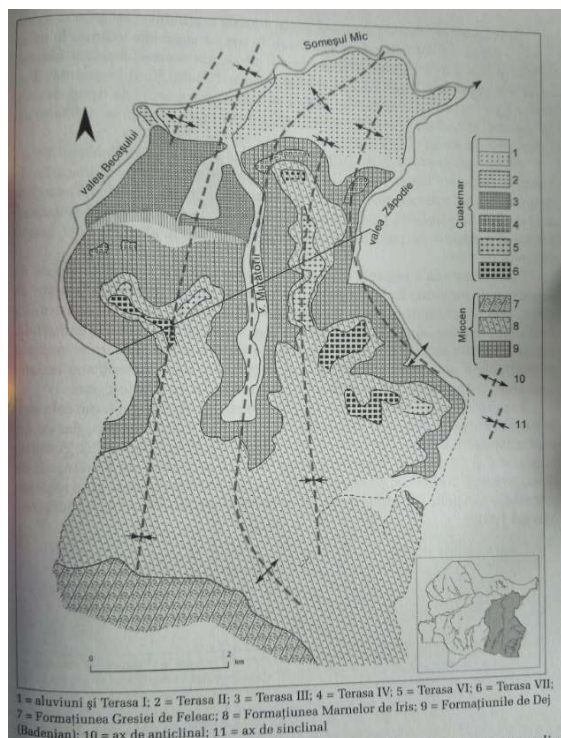
| Bivalyos forrás | NH <sup>4+</sup> mg/l | NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> mg/l | NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> mg/l | PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> mg/l | pH   | TC °C | EC µS/cm | TDS mg/l | Időjárás viszony |
|-----------------|-----------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|------|-------|----------|----------|------------------|
| December 16     | 0,4                   | 0,025                             | <5                                | <5                                | 6,89 | 3,9   | 554      | 272      | Havazás          |
| Február 21      | <0,2                  | < 0.025                           | <5                                | <5                                | 7,1  |       | 611      | 299      | Csapadékmentes   |
| Március 21      | <0,2                  | < 0.025                           | <5                                | <5                                | 6,87 |       | 634      | 311      | Csapadék után    |
| Április 12      | <0,2                  | < 0.025                           | <5                                | <5                                | 6,85 |       | 615      | 302      | Hosszú szárazág  |

A forrás vize mindegyik mérés során belefér az ivóvíz esetében elvárt minőségnek, így fogyasztásra alkalmas. A decemberi hónapban viszont szennyeződés érte. Megfigyelhető, hogy az ammónium  $0,4 \text{ mg/l}$  értékkel erősen megközelítette a  $0,5 \text{ mg/l}$  határértéket. Ez a szennyeződés viszonylag kis mennyiségben érte a forrást. Pontszerű szennyezésre utal, ami a felszínen található. Erre abból következtethetünk, hogy a szennyeződés, a Szent János kúthoz hasonlóan, hamar kiürült a forrás vizéből. A szakirodalomban leírtak alapján feltételezzük, hogy a szennyezés elindult az átalakulási folyamaton, mivel egy nagyon kis mennyiségű nitrit volt megfigyelhető a vízben. A februári mérés folyamán már egyáltalán nincs szennyezésre utaló nyom, így a szennyezés forrása vagy megszűnt vagy ideiglenesen csapadék hiányában nem volt beoldás ami a forrásvízben megjelent volna. Az átlagot nézve a forrás vize bármely időjárási körülmény mellett fogyasztásra alkalmas a vizsgált négy szennyező szempontjából, a szennyezés-érzékenységet leszámítva viszonylag stabil vízparaméterekkel rendelkezik.



**15. ábra** Kis mértékű nitrit szennyezés a Bivalyos forrás vizében.

## A Szamosfalvi hajdani gyógyfürdő egyik forrásvizének vizsgálati eredményei



16. ábra Geológiai térkép a Békás és a Zavatos patak közti térségről.

A Szamosfalvi fürdő környékét illető földtani formációkról információt, ismét Poszert Sz.(2011) doktori téziséből lett kiemelve. A forrás a Szamos első teraszán(Poszert Sz. 2011) helyezkedik el a Békás patak jobb oldalán. A 16. ábrán a terület északnyugati részén megtalálható antiklinális mentén tör felszínre a forrás.

A források a Szamosfalvi fürdő területén az első teraszon helyezkednek el. Az első teraszt nagyrészt folyami hordalék (homok és kavics) alkot. Ezeknek a kőzeteknek nagy porozitásuk és magas hidraulikus vezetőképességük van. Ha a beszivárgó víz könnyen eléri a kilépését a forráson keresztül akkor ugyanúgy a szennyeződés is hamar elterjed. A 6. táblázat

segítségével elemezni tudjuk a forrásvíz minőségét.

6. táblázat A Szamosfalvi fürdő kiválasztott forrásának minőségi paraméterei.

| Szamosfalvi X. forrás | NH 4 <sup>+</sup> mg/l | NO 2 <sup>-</sup> mg/l | NO 3 <sup>-</sup> mg/l | PO 4 <sup>-</sup> mg/l | pH   | TC °C | EC μS/cm | TDS mg/l | Időjárás viszony |
|-----------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------|-------|----------|----------|------------------|
| December 16           | <0,2                   | 0,06                   | 14                     | <5                     | 6,94 | 8,3   | 1922     | 942      | Havazás          |
| Február 21            | <0,2                   | < 0.025                | 14                     | <5                     | 7,18 |       | 1776     | 870      | Csapadékmentes   |
| Március 21            | <0,2                   | < 0.025                | 14                     | <5                     | 7,02 |       | 1821     | 892      | Csapadék után    |
| Április 12            | <0,2                   | < 0.025                | 15                     | <5                     | 7,03 |       | 1947     | 954      | Hosszú szárazág  |

A 6. Táblázat alapján leolvashatjuk azt, hogy a forrás vize kismértékben de állandó jelleggel (14 mg/l) szennyezett. Ez a szennyeződés mindegyik mérésünk során jelen van a forrásvízben. A forrás beépített terület közelében található, így a közvetlen illetve környező területéből ítélve a szennyezés emberi eredetű. A szennyezés régi, mivel csak nitrát tartalom figyelhető meg a vízben. Mindent egybevéve a csekély hanyagolható szennyezés mellett elmondható az, hogy a forrásvíz megfelel az ivóvíz által meghatározott minőségnek. Magas ásvány tartalma majdnem a megengedett vezetőképesség fele közelít, így ennek fogyasztása leginkább gyógyászati célból ajánlott. Gombos(2017) ETDK dolgozatban olvashatjuk, hogy a vizet ivókúrára használják

veseproblémákra. Ugyanitt azt is olvashatjuk, hogy a lehulló csapadék csak hosszabb időn belül képes a forrásvíz hígítására, ezért a talajvizet a rétegvíz is befolyásolhatja ami a felszínre tör.

## Következtetés

„Talajvízforrások minőségi állapota Kolozsvár környékén” címmel íródott a dolgozat. A vizsgálatok elvégzésével sikeresen fel tudtuk mérni a dolgozatban említett négy forrás állapotát, és a forrásvizek minőségét. Elmondható, hogy a négy forrás vize fogyasztásra alkalmasak, mivel kisebb ingadozások mellett az ivóvízre meghatározott felső határértékeken belül maradnak a szennyeződések. Érdekes odafigyelni azért arra, hogy ha ezeket a forrásokat szeretnénk fogyasztani, akkor rendszeresen érdemes volna megvizsgáltatni a forrásvizek minőségét. Mivel a vizsgált forrásaink talajvízből táplálkoznak, ezért könnyen és gyorsan változhat a vizek minősége esetleg szennyezése a különböző időjárási viszonyokkal kapcsolatosan. Elmondható emellett, hogy a Szent János-kút valamint a Szamosfalvi hajdani gyógyfürdő tízes számmal említett forrásai a leglátogatottabbak, annak ellenére, hogy enyhén szennyezettek vagy épp minőségük külső tényezők hatására könnyen megváltozik. Kutatásunk során arra is rájöttünk, hogy Kolozsvár körül rengeteg forrás található, viszont ezek közül csak néhány ismert a lakosok köreiben. Fontos lenne ezek a források karbantartása valamint vizeik minőségének mérése.

## Könyvészet

P.Marosi(1980) Hidrogeologie, Capitole alese I.

I.Preda ,A.Țenu(1981) Resurse de ape minerale și termale, Universitatea din Bucuresti, facultatea de Geologie-Gegrafie

I.Preda , P.Marosi (1971)Hidrogeologie, Editura Didactica și Pedagogica, Bucuresti 1971

Sorocovschi V. (2009) Hidrologia uscatului, Casa cartii de stiinta Cluj- napoca

Pisota I. Zaharia L. Diaconu D. (2010) Hidrologie, Editura universitara Bucuresti

Szabó J. (1998) Víz földrajza, in. Borsy Z. szerk, Általános Természertföldrajz 1998 Nemzeti tankönyvkiadó Budapest.

Hiscoch(2005)Hidrogeology Princiless and practice, Blackwell Science Ltd a Blackwell publishing Company

Pisota I. Buta I.(1975) Higrologie, Bucuresti

C.Baciu(2004)Hidrogeologie Elemente teoretice și aplicatii practice. Editura Casa Cărții de Știință Cluj-Napoca, 2004

Szőnyi J. Czauner B. Simon Sz. Erőss Sz. Zsemle F. Pulay E. Havril T.(2013) Hidrogeológia, Eötvös Loránd Tudományegyetem

William M. Thomas A. Reilly E. Franke O (1999) Sustainability of Ground-Water Resources, U.S. Geological Survey Circular 1186

Zaharia L. Pisota I.(2003)Hidrologia Uscatului, Editura universitara Bucuresti

Olumuyiwa I. Fred O. George O.(2012) Groundwater: Characteristics, qualities, pollutions and treatments

Daniel Scărădeanu\*\*\* ([http://www.ahgr.ro/media/103075/6\\_miscarea-apei-subterane\\_2017.pdf](http://www.ahgr.ro/media/103075/6_miscarea-apei-subterane_2017.pdf))

Pregun Cs. Juhász Cs. Vízminőségvédelem, Debreceni Egyetem ([http://www.agr.unideb.hu/ebook/vizminoseg/a\\_vz\\_fizikai\\_s\\_kmiai\\_tulajdonsgai.html](http://www.agr.unideb.hu/ebook/vizminoseg/a_vz_fizikai_s_kmiai_tulajdonsgai.html))

Török S. (2011) Vízellátás és szennyvízkezelés, Szent István egyetem ([https://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop412A/2010-0019\\_Vizellatas\\_es\\_szennyvizkezeles/ch01.html](https://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop412A/2010-0019_Vizellatas_es_szennyvizkezeles/ch01.html))

Jakab S.(2004) Termőföldünk az őstelevény, Marosvásárhely

Kerényi A.(2006)Általános Környezetvédelem, Mozaik oktatási stúdió KFT.

SCIORTINOR J VIKUMAR R.(1999) Fishery Harbour Manual on the Prevention of Pollution, Madras India (<http://www.fao.org/3/x5624e/x5624e04.htm#1.1>)

M. Negulescu, R. Antoniu, G. Rusu, E. Cusa(1982) Protectia Calitatii Apelor, Editura Tehnica

Kováts Zs. Kárpáti Á.(2013) Ivóvíztisztítás és víztisztaságvédelem, Veszprém Pannon Egyetem – Környezetmérnöki Intézet

Bretotean M.(1981) Apele subterane o importantă bogăție naturală, Editura Cares, Bucuresti

Sárvány A.,(2011)Környezetegészségtan, Debreceni Egyetem.  
([https://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0019\\_1A\\_Kornyezetegeszsegtan/ch02s03.html](https://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0019_1A_Kornyezetegeszsegtan/ch02s03.html))

Öllős G.(2012) Környezetvédelem, Budapest

Stefanovits P. Filep Gy. Fülek Gy.(1999)Talajtan, Mezőgazda kiadó, Budapest

Varduca A., (1997): Hidrochimie și poluarea chimică a apelor, HGA, București

Rácz I.(2011) Vízkémia II, Szent István Egyetem,  
([https://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop412A/2010-0019\\_Vizkemia\\_II/ch09.html](https://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop412A/2010-0019_Vizkemia_II/ch09.html))

Oram B.(\*\*) Phosphate in Surface Water Streams Lakes) (<https://www.water-research.net/index.php/phosphate-in-water>)

(\*\*)2018, EC, Impact Assessment – Proposal Drinking Water([http://www.europarl.europa.eu/RegData/docs\\_autres\\_institutions/commission\\_europeenne/com/2017/0753/COM\\_COM\(2017\)0753\\_EN.pdf](http://www.europarl.europa.eu/RegData/docs_autres_institutions/commission_europeenne/com/2017/0753/COM_COM(2017)0753_EN.pdf))

World Bank Group(2018) Romania Water Diagnostic Report

Orosz F.(1937)Kolozsvári Kalauz és Címtár, Az Erdélyi Kárpát Egyesület Kiadása

Tóth P.T.(2009)Hús Bükki forrás körútja.<http://blogger-tothpaltamas.blogspot.com/2009/03/husz-bukki-forras-korturaja-20090327.html>

Losonczy(2009)Kolozsvári források,Szabadság archívum  
(<http://archivum2.szabadsag.ro/szabadsag/servlet/szabadsag/template/archive,PArchiveArticleSelectedScreen.vm/id/20690/year/2009/month/0/day/30/web/0/quick/0/mainarticle/false>)