

A tatai források hidrogeológiai vizsgálata

Hydrogeological investigations related to the springs of Tata

Maller Márton

BME Vízépítési és Vízgazdálkodási Tanszék, maller.marton@gmail.com

Hajnal Géza

BME Vízépítési és Vízgazdálkodási Tanszék, hajnal@vit.bme.hu

ÖSSZEFOGLALÁS: Csoportosítottuk a tatai városközpont egykori, és újonnan megjelent forrásait, majd összefoglaltuk az egyes forrásokkal kapcsolatos legfontosabb adatokat, tudnivalókat. Részletesen ismertettük a helyszíni vízhozam mérések módszereit és eredményeit. Bemutattuk a helyszíni és laboratóriumi vízkémiai vizsgálatok eredményeit, melyek segítségével olyan kérdésekre kaptunk választ, mint például az, hogy a források tisztán karsztos eredetűek-e, vagy kevert víz tör fel egy-egy helyen. A vizsgált komponensek segítségével kimutattuk, hogy melyek azok a helyek, ahol a forrásvízhez szennyvíz is keveredik. Végül magyarázatot kerestünk az egyes források magas vastartalmára, melyet a feltörő vizek körüli elszíneződés és a vízmintákban keletkező vas csapadék jelez.

Kulcsszavak: forrás, Tata, karsztvíz, vízhozammérés, vízkémia

ABSTRACT: We collected the springs of Tata's downtown, and we presented details in connection with springs as well. We showed the process and results of discharge measurements in detail. Since August 2012 chemical analysis of spring waters has been done five times. These tests clarified even the spring waters were karstic clearly or mixed water. By the help of measurements we showed the locations where spring water is mixed with wastewater. Finally we looked for an explanation for the high iron content of spring waters.

Keywords: spring, Tata, karstic water, discharge measurement, water chemistry

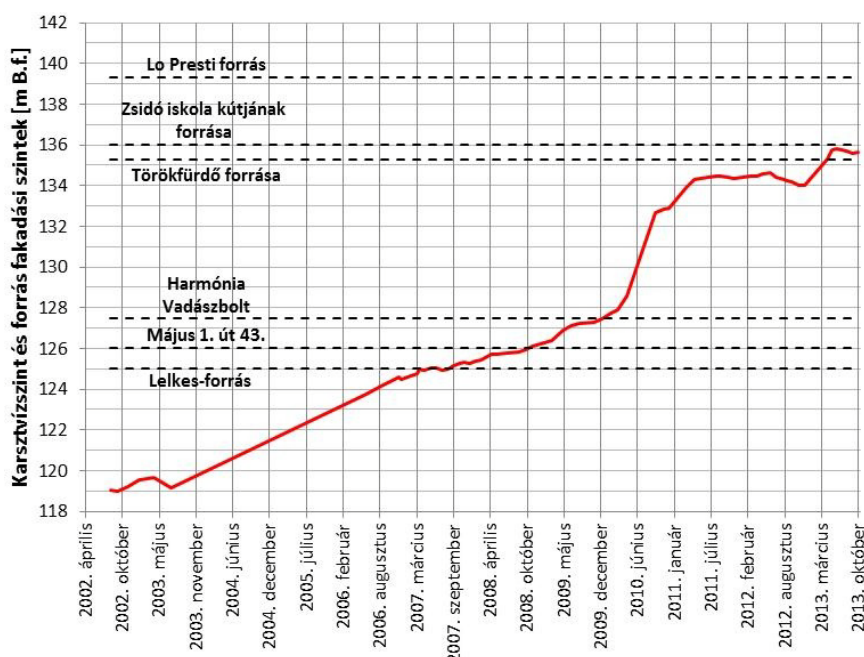
1. BEVEZETÉS

Horusitzky (1923) szerint a tatai források kialakulását (a Fényes-források kivételével) a pleisztocén kor elejére tehetjük. Létrejöttük a legutolsó dunántúli vulkáni kitörések – melyek a Balaton-környéki vulkanikus hegyeket is létrehozták – eredményének tekinthető, végső kialakulásukat pedig a későbbi gyakori földrengések idézték elő. 1923-ban tehát úgy vélték, hogy a tatai források többsége a törésvonalak mentén tör fel, és különösen bővizűek azok, amelyek két törésvonal metszéspontján fakadnak.

Hidrogeológiai ismereteink fejlődése során azonban nyilvánvalóvá vált, hogy a dunántúli-középhegységi források feltörése nem hozható kapcsolatba a vulkanikus utóműködéssel. Tény ugyanis, hogy a karsztvidékek peremén mindenhol megjelennek a hévforrások, ahol a kőzetek felszín alatti elhelyezkedésének geometriája erre lehetőséget ad. Az viszont kétségtelen, hogy a többszörösen kiújult törésvonalak elősegítik a nagyobb forráshozamok kialakulását (Hydrosys Kft. et al. 1999).

A század eleji becslések alapján akkoriban 260-280 ezer m³ tiszta víz fakadt naponta Tata területén. Ennek legnagyobb részét a Fényes-források és az angol-parki források adták. Az újabb kori, sokszor megismételt méréseken alapuló becslések szerint viszont a források sokéves átlagos vízhozama 115 ezer m³/nap lehetett. Ez azt jelenti, hogy a Dunántúli-középhegység ÉK-i részét magába foglaló, szűkebb értelemben vett főkarsztvíztároló-rendszer hozamának közel fele Tata városában és annak környékén került a felszínre. (Hydrosys Kft. et al. 1999). A '70-es évek elejére azonban a bányászati vízemelések hatására az összes Tatai forrás elapadt. A bányák bezárása után megindult a karsztos víztartó visszatöltődési folyamata, aminek következtében az elmúlt közel 25 év alatt a karsztvízszint mintegy 40 métert emelkedett Tata térségében.

A vizsgált Tata-városközponti terület nyugati részén található a TÉ-2 jelű karsztvízszint-észlelőkút, melynek idősorát az **1. ábra** mutatja. Látható, hogy az utóbbi években folyamatos a karsztvízszint emelkedése ebben a térségben, 2010 januárja és decembere között pedig közel 5 métert emelkedett a vízszint. Nem csoda tehát, hogy a visszatérő forrásokkal kapcsolatos problémák a 2010-es évben jelentkeztek a legtöbb helyen.



1. ábra. A TÉ-2 jelű karsztvíz észlelő kút vízszint időszora, és néhány forrás fakadási szintje

Az 1. ábrán jelöltük néhány, a területen fakadó forrás abszolút magasságát is. Látható, hogy például a Lelkes-forrás, a Május 1. út 43. sz. mellett jelentkező vízfakadás, és a vadászbolt szivárgó vizei a terepszintnél jelenleg már közel 10 m-rel magasabb karsztvíz nyomásszint miatt mutatkoznak. A Lo Presti forrás kúrtőjében a víztükör szintje azonban még csak néhány méterre közelítette meg a felszínt. A Zsidó iskola kútjának forrásánál és a Törökfürdő forrásánál a karsztvízszint napjainkban a terepszint közelében van, de már 2010-ben is jelentkeztek itt problémák: előbbi helyen a forrás melletti alagsori kazánházban, utóbbi helyen pedig az ugyancsak terepszint alatt elhelyezkedő gépészeti aknában jelent meg a víz.

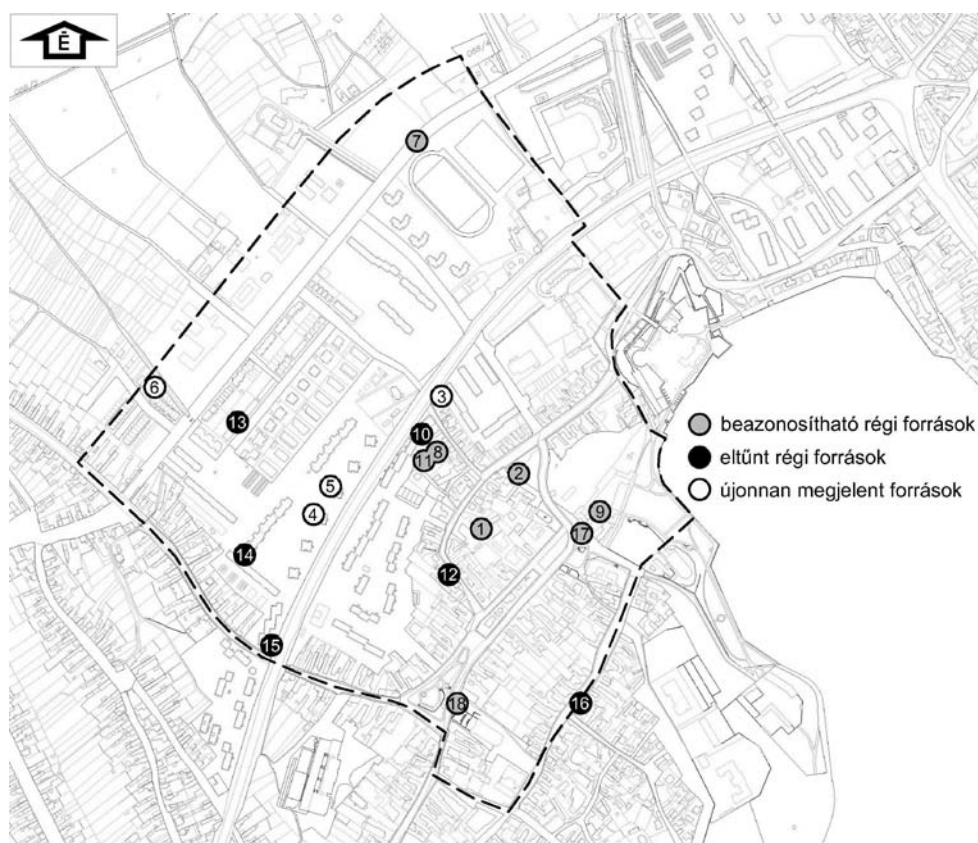
1. táblázat. Tata városközponti forrásainak csoportosítása

jel	forrás és neve	fakadás [m B.f.]	hőmérséklet [°C]		vízhozam [l/perc]	
			1923	2012	1923	2012
A tatai szirt északi szélén						
1	Lo Presti forrás	138,04	19,0	19,5	600	-
2	Törökfürdő forrása	135,33	20,5	20,5	210	135
9	Kastély vízvezetékének forrása	135,33	15,0	-	60	-
10	Piarista kert forrása	128,00	15,0	-	36	-
A tatai szirt nyugati szélén						
8	Zsidó iskola kútjának forrása	136,00	18,5	18,6	18	10
11	Menich-kút forrása	130,33	17,0	-	15	-
12	Szalay-kút forrása	137,00	12,5	-	15	-
Lapos-kerti források						
13	Plébánia kert forrása	126,83	20,5	-	180	-
14	Herczeg István forrása	129,00	17,0	-	36	-
15	Szlukoványi Antal forrása	130,00	15,0	-	30	-
Hidroztatikus nyomás alatt álló kutak						
16	Vörös-kút	149,00	17,0	-	-	-
17	Szolgabíróság előtti közkút	139,20	12,0	-	-	-
18	Piactéri kút	131,00	13,0	-	-	-
Kénhidrogénes források						
7	Büdös-kút	125,33	12,5	13,5	-	-
Újonnan megjelent források						
3	Harmónia Vadászbolt	127,50	-	18,5	-	-
4	Május 1. út 45.	126,00	-	21,7	-	70
5	Május 1. út 43.	126,00	-	19,7	-	470
6	Lelkes-forrás	125,00	-	14,2	-	15

A Tata városközpontjában a múltban, vagy akár jelenleg is működő források bemutatásakor Horusitzky (1923) szerinti csoportosítást alkalmaztuk (**1. táblázat**). Ezt a fajta elkülönítést azért találtuk hasznosnak, mert nem csak az egyes források elhelyezkedését veszi figyelembe, hanem azok típusát is.

A források városközponton belüli elhelyezkedését az **2. ábra** mutatja. A könnyebb áttekinthetőség érdekében az ábrázolás során nem a Horusitzky-féle csoportosítást alkalmaztuk. Az ábrán elhelyezkedő pontokat aszerint különböztettük meg, hogy újonnan megjelent vagy régi forrásról van-e szó, illetve hogy beazonosítható-e ezek egykori helye. Ennek megfelelően:

- feketék azok, melyek egykor fakadtak a területen, de pontos helyük már nem azonosítható be,
- szürkék azok, melyek már régen is működtek, és nyomuk ma is megtalálható, sőt némelyikük már újra aktív,
- a fehér körök pedig az újonnan megjelent forrástevékenységet jelölik.



2. ábra. A vizsgált Tata-városközponti források helyszínrajzi elhelyezkedése

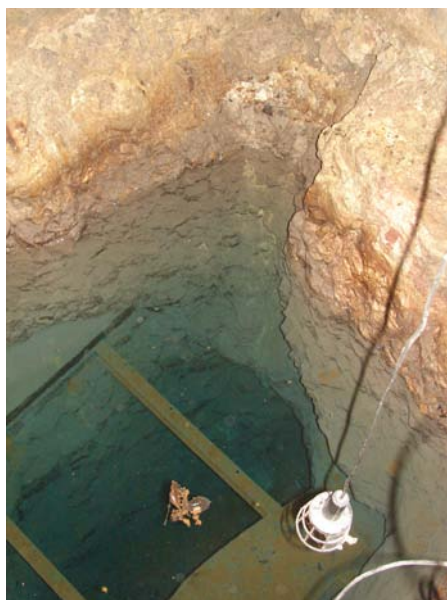
2. VÁROSKÖZPONTI FORRÁSOK BEMUTATÁSA

A Lo Presti forrás (1) a Fürdő utca 11. sz. alatt, egy raktárhelyiségben található (**3. ábra**). Jura-és krétakori rögöket elhatároló törésvonalon, viszonylag magas térszínen fakad. Horusitzky szerint már a rómaiak idejében egy 20 m x 6 m-es négyszögletű medence épült rá, melyből az akkori Brigetio (mai Szöny) kapta a vizét. Később ezen a helyen egy Bencés kolostor épült, ennek emlékét őrzi a Barátfürdő elnevezés, melyet ugyancsak a Lo Presti forrás táplált. Az innen túlfolyó forrásvizet a Katona utca átellenes oldalán található „kis fürdőházba” vezették, majd innen a Törökfürdő forrásának vizével egyesülve, a kastély hátsó udvarán keresztül az úgynevezett Ghiczy-kert felé folyt. Végül pedig Csever-árokba ömlött. Dornyay (1925) szerint a forrást a spanyol származású báró Lo Presti családról nevezték el, akik a kérdéses terület tulajdonosai voltak. Sok más előkelő tatai családhoz hasonlóan a Lo Presti család is az Esterházyak miatt települt Tatára.

A forrás elapadásáig Tata ivóvizének egy részét is a Lo Presti szolgáltatta, hiszen annak idején a vízmű szivattyút telepített ide. Tehát a forrásfoglalást egy 4 x 4 m-es vasbeton medence formájában már akkoriban kialakították, viszont később, az elapadás után, építési törmelékkel töltötték fel, és egészen 2010-ig nyoma sem volt látható az egykori forráskürtőnek. 2010-ben azonban a terület tulajdonosa önkéntes munka segítségével felkutatta a forrás egykori helyét és hatalmas mennyiségű beton-és fémtörmelékkel távolított el a műtárgyból. A Lo Presti forrásra telepített regisztráló műszer óránként méri a vízszintet.

A Menich-kút forrása (11) a Május 1. út 24-26-28. sz. tömbházak mögött, a Kis Fürdő utca végén, a játszótér mellett található. A forrásfoglalást még 1898-ban dr. Menich János készítette el, ezért nevezték el róla. 2011 tavaszán a műtárgyat kitakarították, a forrás egy lelakatolt akna fedlap alatt tör fel. Ezen a helyen nincs folyamatos észlelés.

A Szalay-kút forrása (12) a múlt század elején a mai Fürdő utca 6. sz. ház környékén lehetett, de itt a mai napig még nem tapasztaltak olyan jelenséget, ami karsztvíz újbóli megjelenésére utalna. Horusitzky (1923) szerint ez a forrás a fent említett ház udvarán lévő sziklapartból fakadt, és egy „szépen falazott kútba” ömlött, csekély vízhozammal.



3. ábra. Lo Presti forráskürtő



4. ábra. Törökfürdő forrása

A Törökfürdő forrása (2) a Fürdő utca és a Keszthelyi út által közrefogott területen található, a mai reumatológia fürdjének épületében. Dornyay (1925) szerint a régebben „Öregkirályné fürdjének” ismert forrás – akárcsak a Barátfürdő – valószínűleg már a római időkben kedvelt fürdőhely volt. A törökök vélhetően csak újraépítették és használhatóvá tették ezeket. A fürdő felújításakor egy márványtábla került elhelyezésre az épület bejárata felett.

Ezen a helyen 2010 ősze óta tapasztalható újra forrástevékenység, az épületen belül egy gépészeti aknában jelent meg a víz, ez látható a **4. ábrán**. Kezdetben folyamatos szivattyúzással oldották meg az akna víztelenítését, ma azonban már gravitációs úton vezetik a forrásvizet az épület előtt található szennyvízárkba.

Az egykor Lapos-kertnek nevezett terület a városközponti rész ÉNY-i felén helyezkedik el. A Május 1. út, és a két oldalán lévő lakótelepek csak a '70-es években épültek meg. A Lapos-kert volt Tata egyik legmélyebben fekvő része, és a korabeli beszámolók szerint szinte minden telken fakadtak kisebb-nagyobb vízhozamú források. Ezek később elapadtak, a források vizeinek elvezetésére szolgáló árkokat

és csatornákat betemették, valamint a tereprendezés után sorra megépültek a városközpont mai képét is meghatározó panelházak. Ennek megfelelően az egykori lapos-kerti források nyomai mára teljesen eltűntek, így pontos helyüket nem ismerjük.

A Plébánia kert forrása (13) a jelenlegi Hamari Dániel út 11. számú társasház közelében lehetett. Vízét régen a közelben található Mezőgazdasági Technikum (a ma Jávorka Sándor nevét viselő szakközépiskola) vízellátására használták. Horusitzky leírása szerint a Kertaljai patak mellett fakadt, egy kb. 6 m x 7 m-es kezdetleges fürdőmedencéből. Hőmérséklete 20,5 °C, vízhozama pedig kb. 250 m³/nap volt.

A következő két lapos-kerti forrás a Plébánia kert forrásától Délre, a Komáromi utcai házak kertjében fakadt. Mivel ezek nem bírtak jelentős hozammal, és vizüket nem, vagy csak magáncélra használták, azonosításuk az egykori tulajdonos nevével történt. Herczeg István forrása (14) a Komáromi utca 37. számú telken fakadt, hőmérséklete 17°C volt, vizét a tulajdonos nem hasznosította. Ma a forrás feltételezett helyén a Pálóczi út 10. számú tömbház található. Szlukoványi Antal forrása (15) a Komáromi utca 33. számú telken tört fel, vize a korabeli leírások alapján 15°C-os volt, és a tulajdonos

csak öntözésre használta. A forrás pontos elhelyezkedése ebben az esetben sem ismert, a mai Május 1. út 51. számú tömbház és az út között lehetett egykor.

Piarista kert forrása (10) a Menich-kút közelében lehetett, a mai Május 1. út 24. sz. tömbház nyugati sarkánál. Horusitzky idejében ez a terület a „kegyestanítórend” kertje volt, és a forrás júra kori mészkőből eredő vize egy kis fürdőmedencét táplált. A Piarista kert forrásának nyomait a lakótelep építése során valószínűleg teljesen eltüntették. Ebben szinte biztosak lehetünk, hiszen ezen a területen mintegy 2 m vastagságú feltöltés a fedő rétegsor (Maller & Hajnal, 2013). Ezen a helyen a mai napig még nem jelen meg forrástevékenységre utaló jel.

A Kastély vízvezetékének forrása (9) az Esterházy kastély kertjében, a volt kórház területén található. Ez a forrás is 2010-ben vált újra aktívvá, azóta a forrásfoglalásból túlfolyó víz gravitációs úton jut a csapadékvíz elvezető rendszerbe.



5. ábra. Zsidó iskola kútjának forrása a 2013. évi beavatkozások előtt és után

A Zsidó iskola kútjának forrása (8) a Katona utca 4. sz. ház udvarán található (**5. ábra**). Horusitzky (1923) feljegyzései szerint az 1920-as években ez egy teljesen elhanyagolt forrás volt, csekély hozammal. Az 1999-es cselekvési program készítésekor a helyszíni bejáráson még nem tapasztaltak itt forrástevékenységet (Hydrosys Kft. et al. 1999), 2010-ben azonban az épület alagsori kazánházában víz jelent meg. A tulajdonos ekkor mélyítette ki a kazánház bejáratánál lévő csapadékvíz összefolyó zsompot, ahova úszókapcsolós szivattyút is telepített. Azóta az itt összegyűlő forrásvizet folyamatosan szivattyúzzák, és a Katona utca csapadékvíz elvezető rendszerébe vezetik. A fentiekkel párhuzamosan a tulajdonos feltárta az egykori forráskürtöt is, aminek helyén egészen a karsztvízszint hirtelen megemelkedéséig egy kerti kistó volt. Az itt jelentkező problémákat a 2013 nyarán elkészült beavatkozás oldotta meg, ekkor ugyanis a forráskürtőben egy 40 cm-es átmérőjű szűrőzött PVC csövet helyeztek el, valamint kiépítették a feltörő forrásvizet elvezető gravitációs rendszert is.

A vizsgált területen három olyan hidrosztatikus nyomás alatt álló kút helyezkedett el a múltban, melyeket júra-és krétakori mészkőbe vésték, és Horusitzky (1923) szerint ezekben a kutakban – a tengerszint feletti magasságuktól függetlenül – a víztükör mindig azonos szinten állt.



6. ábra. Szolgabírótság előtti közkút

Ezek közül a Vörös-kút (16) az, amelynek egykori elhelyezkedése nem azonosítható be pontosan. Az 1999-es cselekvési program készítésekor a kút helyét még egy kis körakás jelezte a Fazekas utca 18. számú ház előtt, mára azonban ez sem található meg. Horusitzky szerint a Vörös-kutat 10 m mélyen vésték a mészkőrétegbe, és 17°C-os vizét norton kúttal emelték ki.

A Szolgabírótság előtti közkút (17) a Bláthy Ottó Szakközépiskolával (régén ez volt a Szolgabírótság épülete) átellenes oldalon található (**6. ábra**). A júrakori mészkőbe vésett kút vizének hőmérséklete 12°C volt Horusitzky idején.

A Piactéri kút (18) elnevezés tulajdonképpen két falikutat takar. Ezek a mai nevén Kossuth-téren található katolikus Nagytemplom

udvarának támfalában, a bejárat két oldalán helyezkednek el. Horusitzky (1923) szerint a Piactéri kút annakidején bővizű volt, a víztükör a felszín alatt állandó két méteren állt, és a kút vizének hőmérséklete 13 °C volt.

Az egykori kénhidrogén források közül a vizsgált területre a Büdös-kút (7) esik. A Büdös kút a lehatárolt városközponti terület északi sarkában található, a THAC futballpálya előtt, az Új út vízvezető árka mellett. Horusitzky leírása alapján a forrás vizének szintje a XX. század elején a felszín alatt 0,5-1,0 m-en állt. Lehetséges, hogy karsztos eredetű, de az is elképzelhető, hogy a forrásvíz kénhidrogén tartalma a talajban bomló szerves anyagokból származik. Annyi azonban bizonyos, hogy a Büdös-kút vizét a környéken lakók annakidején előszeretettel fogyasztották.

Ez a forrás különös figyelmet érdemel, hiszen egészen 2012 szeptemberéig nem volt tudomásunk a Büdös-kút pontos elhelyezkedéséről. Az egykori források helyének felkutatása során figyeltünk fel arra, hogy a forrás feltételezett helyén az aszályos időszak ellenére jelentős mennyiségű víz áll az út menti árokban. A területet részletesebben szem-ügyre véve, felfedeztük, hogy az árokban álló víz az ÉGÁZ-DÉGÁZ Földgázelosztó Zrt. aknájának fedlapja alól, illetve az ettől csupán 50-60 cm-re lévő apró forráskürtöből tör fel. A forrástevékenység minden bizonnyal az egykori Büdös-kút vizének megjelenésére utal. Nem csak a forrás elhelyezkedése bizonyítja ezt, hanem a mintavételek során tapasztalt kénhidrogén szag, és az elvégzett vízkémiai vizsgálatok eredményei is.

A Tata területén már régóta ismert karsztforrásokon kívül a 2010-es, rendkívül csapadékos év folyamán, a vizsgált városközponti rész több pontján is jelentkezett karszttevékenység. Ezek az újonnan megjelent források kivétel nélkül az egykor Lapos-kertnek nevezett, régen vízenyős területen fakadnak.

A Harmónia Vadászbolt (3) a Katona utca 17. szám alatt található, és közvetlenül a Május 1. út mellett helyezkedik el. A vadászbolt épületét 1998 nyarán kezdték el építeni. A rendelkezésre álló adatok alapján a kérdéses terület alatt a karsztvíz szintje akkoriban 110 m B.f. volt. A vadászbolt épülete körül 127 m B.f. az átlagos terepszint, tehát az alagsori helyiségek padló-szintje kb. 124 m B.f. abszolút magasságban lehet. Látható tehát, hogy az építkezés megkezdésekor a karsztvízszint mintegy 14 m-rel volt mélyebben az alagsor padlójánál.

A visszatöltődési folyamat eredményeként viszont 2010 májusa óta a Harmónia Vadászbolt pincéjébe folyamatosan szivárog a víz. A megjelenő karsztvíz távoltartása az itt raktározott vadászati kellékektől meglehetősen nagy többletköltséget és veszélyt jelent a tulajdonosnak. Az alagsor padlóját több helyen fel kellett bontani, hogy zsompokat alakítsanak ki, az ezekben összegyűlő vizet pedig folyamatos szivattyúzással jutatják a parkolóban lévő csapadékvíz elvezető aknába. Ezen kívül nagyméretű ventilátorokat és páramentesítő készülékeket is alkalmaznak az alagsori helyiségek szárazon tartására.



7. ábra. A Május 1. úti források vizét befogadó akna

A Május 1. út 45. (4) szám alatti tömbház pincéjében ugyancsak 2010 tavaszán jelentkezett forrástevékenység. A probléma észlelése után azonnali beavatkozásként 2010 nyarán szivárgókat építettek, melyek az épület környékéről összegyűjtött vizet a közeli csapadékvíz elvezető hálózatba juttatják. Az épület DNY-i oldalán kialakítottak egy aknát, ide vezetik be az épület alatt összegyűjtött vizet, és innen vezetik tovább azt a csapadékvíz elvezető rendszerbe. Az innen származó vízhez még további két-három aknában keveredik olyan forrásvíz, ami ugyancsak a Május 1. út 45. számú tömb alatt fakad.

A Május 1. út 43. (5) számú tömbház az előbbi északi szomszédja. A forrástevékenység ebben az esetben is 2010-ben jelentkezett, a ház előtti aszfaltburkolat alatt. A burkolatot a víz megjelenésekor felbontották, és megoldották az elvezetést az innen csupán néhány méterre található csapadékvíz aknába. A meglepően nagy hozammal feltörő víz először ide ömlik, innen folyik át egy bukóaknába (**7. ábra**), ahol keveredik a Május 1. út 45. felől érkező vizekkel, majd a csapadékvíz elvezető rendszeren keresztül tovább folytatja útját.

A Május 1. úti lakótelep forrásainak, és a csapadék elvezető rendszer befogadója az Új út ÉNY-i (tehát áttellenes) oldalán lévő vízvezető árok, melybe a zárt vezeték a Jávorka iskola előtt köt be. A

források nagy hozamára való tekintettel a csapadék elvezető rendszer használata mindenképpen csak ideiglenes megoldás lehet, hiszen a rendszer méretezésekor nem vettek figyelembe ilyen jellegű funkciót.

A Lelkes-forrás (6) a vizsgált terület nyugati részén, a Kismosó patak mellett, egy udvaron fakad. Mivel magánterületen található, a Lapos-kerti források esetén már régen is alkalmazott analógiát követtük: az itt tapasztalt karsztjelenséget a tulajdonos nevével azonosítottuk. A Lelkes-forrás az előbbi háromhoz hasonlóan 2010-ben jelent meg, ebben az esetben viszont a víz megjelenése nem csupán természetes folyamatok eredménye volt. A tulajdonos kutat szeretett volna fúrni az udvarában, amikor azonban elkészültek a munkálatokkal a kút azonnal pozitívvá vált. Ennél a forrásnál szerencsére nem okoz különösebb gondot az állandó túlfolyás, hiszen a telek a Kismosó patak felé lejt, így a víz gravitációsan közvetlenül a befogadóba jut.

3. HELYSZÍNI VÍZHOZAMMÉRÉSEK

Azoknál a forrásoknál, ahol a körülmények lehetőséget adnak rá, fontos a rendszeres vízhozam mérés. Erre elsősorban azért van szükség, hogy feltárjuk, a karsztvízszint emelkedésével hogyan változik az egyes források hozama. A hosszú idejű vízszint észlelések és hozammérések összehasonlításával becsülhetők lesznek azok a maximális vízhozamok, amelyek a karsztos víztartó visszatöltődési folyamatának végén lesznek jellemzőek Tata forrásaira. Ez nagyon fontos alapadat lesz az elvezető rendszer méretezése során.

A városközponti területen található források közül öt esetében végzünk rendszeresen vízhozam mérést. A feltörő vizek három helyen, ideiglenesen a csapadék illetve szennyvíz elvezető rendszerbe folynak, ezeknél köbözéssel határozzuk meg a vízhozamot. Szintén köbözéses módszert alkalmazunk a Lelkes-forrás esetében, a Zsidó iskola kútjának forrásánál pedig egészen 2013 nyaráig visszatöltődést mértünk, majd ebből becsültünk vízhozamot. A forráson végzett beavatkozásoknak köszönhetően a jövőben itt is lehetőség lesz köbözéses vízhozam mérésre.

3.1. Törökfürdő forrása (2)

Bár az egykori Törökfürdő szintjét csak a közelmúltban érte el a karsztvízszint, a padlóba mélyített gépészeti aknában már 2010 ősze óta tapasztalható forrástevékenység. Kezdetben a víztelenítést szivattyúzással oldották meg, a vízszint további emelkedése azonban később lehetővé tette a gravitációs elvezetést. Ennek megfelelően a Törökfürdő forrásának vize jelenleg a Reumatológia épületével szemben található szennyvízknába ömlik, amely a **8. ábrán** látható (a kép bal oldalán a szennyvíz, a felső részén pedig a forrásvíz bevezetése figyelhető meg).

Az átlagos vízhozam az elmúlt egy évben 142 l/percre adódott. A mért vízhozamokban egészen 2012 novemberéig nem volt nagy eltérés, az értékek relatív szórása (amely a szórás és a számítani közép hányadosának százalékban kifejezett értéke) 2,7 %-ra adódott. Ez a mérési módszer pontosságát is figyelembe véve elhanyagolható ingadozás. Az ezt követő időszakban viszont nőttek a mért vízhozamok és a kezdeti 135 l/perc körüli értékekhez képest 2013. augusztus végén már 170 l/perc vízhozamot mértünk a Törökfürdő forrásán.



8. ábra. A Törökfürdő forrásának vizét befogadó szennyvíz akna

3.2. A Május 1. úti lakótelepen fakadó források (4-5)

A Május 1. úti lakótelep forrásainak vízhozamát a már említett bukóaknában mérjük (**7. ábra**). Azért választottuk ezt a mérések helyszínéül, mert a 4-essel és 5-össel jelölt fakadóvizek viszonylag magasról buknak be az aknába, így lehetőség van a köbözésre. A **7. ábrán** látható bal oldali csövön a 43. számú tömbház előtt fakadó forrás vize, a jobb oldali csövön pedig a 45. számú tömb alatt összegyűlt víz ömlik az aknába.

A kisebb hozamú, 4-es számmal jelölt forrás esetén az átlagos vízhozam 73 l/percre adódott, a mért értékek relatív szórása pedig 3,7 % volt 2012 novemberéig, ez után itt is megindult a vízhozam

növekedése. A nagyobb hozamú, 5-ös számmal jelölt forrásnál a vízhozamok átlaga 477 l/perc, ez a vizsgált források közül a legjelentősebb hozamú.

3.3. *Lelkes-forrás (6)*

A Lelkes-forrás vize, egy családi ház udvarán, egy pozitív, fűt kútból ered. A terepadottságoknak köszönhetően a telekről kilépve, a Kismosó patak rézsűjén közvetlenül a befogadóba folyik. Erre a rézsűfelületre építettünk be a **9. ábrán** látható PVC csövet 2012. szeptember elején, a forrás vize azóta ezen keresztül ömlik a patakba. Ezzel a kis beavatkozással sikerült elérnünk azt, hogy a Lelkes forrás vize a fakadástól alig néhány méterre kényelmesen köbözhető legyen.

A viszonylag csekély vízhozam, és praktikus kialakítás lehetővé tette, hogy egy-egy mérés akár 30 másodpercen át tartson, így tehát a kapott eredmények pontosságához nem férhet kétség. Ebben az esetben már jelentős eltérések voltak a 2012. novemberi mérések eredményei között is, az ingadozás mértékét számszerűsítve a relatív szórásra 20,6 %-ot kaptunk. Ez az érték, figyelembe véve a mérés pontosságát, és a többi forrás hozamának ingadozását, jelentősnek mondható. A Lelkes forrás átlagos vízhozama 17,6 l/perc.



9. ábra. A Lelkes-forrás vízhozam mérésére beépített PVC cső

3.4. *Zsidó iskola kútjának forrása (8)*

A vízhozam becslését a Zsidó iskola forrásának kútjánál 2013 nyara előtt a visszatöltődés sebessége alapján végeztük. Ez úgy történt, hogy a forráskürtő fenekére levertük a **10. ábrán** látható karót, melyet előzőleg 5 cm-es beosztású skálázással láttunk el. A mérések megkezdése előtt minden alkalommal leolvastuk a mércén a vízállást, ami általában 70 cm körül volt. Ez után a kútba telepített szivattyú segítségével a mérce 30 cm-es beosztása alá süllyesztettük a vízszintet, majd a szivattyút leállítva mértük a visszatöltődés idejét a 30 és 50 cm-es beosztás közötti 20 cm-en. Ezen a tartományon a jó közelítéssel téglalap alakú kürtőben $0,7 \text{ m}^2$ a víztükör felülete, amit a $0,2 \text{ m}$ -es magassággal megszorozva $0,14 \text{ m}^3$ térfogatot kapunk. Ezek szerint tehát a visszatöltődő vízmennyiség a mérések során minden alkalommal kb. 140 liter volt. Ezt elosztva a visszatöltődés vizsgálatokor mért idővel kaptuk a forrás becsült vízhozamait.

Bár maga a visszatöltődő vízmennyiség meghatározása közel sem pontos, arra kitűnően alkalmas a fent bemutatott mérési módszer, hogy a hozamok esetleges változását mutassa. A vízhozam értékek átlagos nagysága ekkor $10,5 \text{ l/perc}$ volt. A hozamok ingadozására $6,2 \%$ -os relatív szórás adódott, ami a mérce leolvasásának pontatlanságát figyelembe véve elhanyagolható mértékűnek mondható.

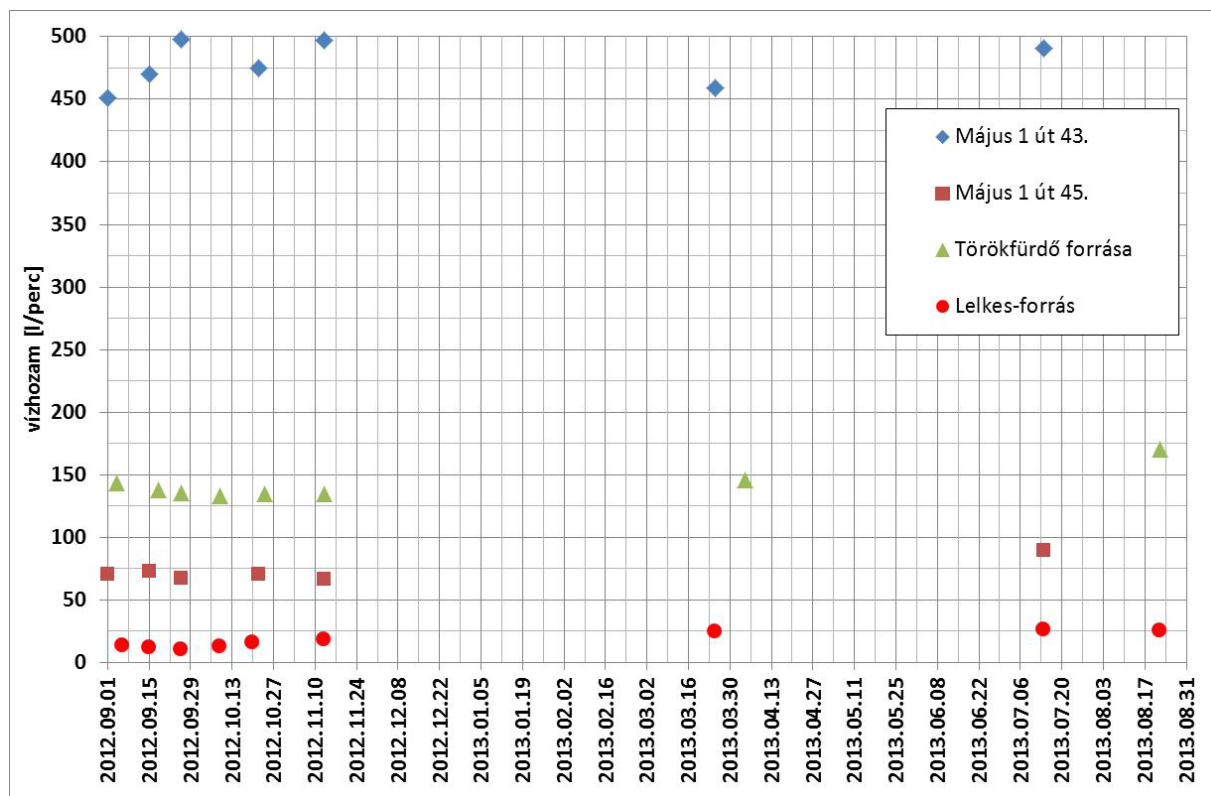


10. ábra. Vízhozam becslés a Zsidó iskola kútjának forrásán

A 2013. évi beavatkozások elvégzését követően a mérési módszert felváltotta a pontosabb köbözéses technika. A 2013 szeptemberében végzett vízhozammérés rámutatott, hogy az elmúlt évben a visszatöltődési idő méréseivel alulbecsültük a forrás hozamát (ekkor $23,1 \text{ l/perc}$ lett a mért érték). Ezért az egyes forráshozamok összehasonlításakor eltekintünk a Zsidóiskola kútjának forrásánál mért értékek ábrázolásától.

Az öt forrás vízhozamainak összehasonlítása a **11. ábrán** látható. Feltűnően bővizű a Május 1. út 43. fakadóvize, a maga percenkénti közel 500 literes hozamával. Ekkora vízmennyiség kapcsán felvetődik

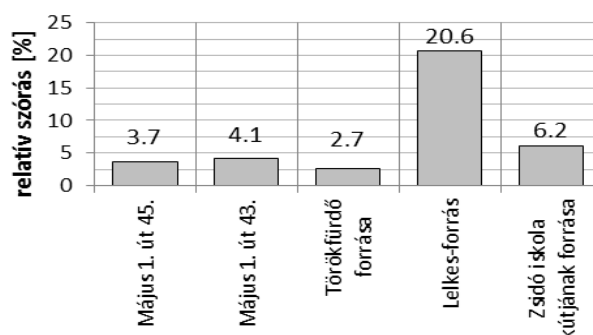
a kérdés, hogy pusztán természetes karsztforrásról van-e szó, vagy valamilyen emberi hatás is közrejátszik ebben az esetben. Ennek a kérdésnek a tisztázására a vízkémiai vizsgálatok adnak lehetőséget. Jelentős, bár közel sem ekkora vízhozamok jellemzik a Május 1. út 45. alatt fakadó vizeket, és a Törökfürdő forrását is. A legkisebb értékeket a Lelkes-forrás esetében mértük.



11. ábra. Az egyes forrásokon mért vízhozamok

A 2012 novemberéig terjedő időszak vízhozam adatait vizsgálva kijelenthető, hogy nem volt jelentős növekedő vagy csökkenő trend az adatsorokban. Az a tény hogy a kifejezetten csapadékszegény ősz ellenére a hozamok állandónak mutatkoztak, azt bizonyítja, hogy a Tata városközpontjában jelentkező vízfakadások nyomás alatti vízadó rétegekből származnak. Figyelembe véve, hogy 2012 novemberéig a vizsgált területen a karsztvízszint lényegében változatlan volt, a mért vízhozam értékek relatív szórása 5-6 %-ig a köbözéses mérési módszer megbízhatóságának tökéletesen megfelel. A 12. ábrán látható azonban, hogy a Lelkes forrás esetén ez a mutató meghaladta a 20 %-ot, ami a mérés pontosságán kívül más hatást is feltételez. Ha megnézzük a Lelkes-forrás vízhozam adatait, a magasabb értékeket az utolsó két alkalommal mértük. Abból, hogy 2012. október közepéig csak elvétve, utána viszont gyakrabban esett az eső a város területén, arra következtethetünk, hogy az itt feltörő víz hozamát a csapadékosabb időszakokban talajvíz is növeli. Ezt a megállapítást vízkémiai vizsgálatok eredményei is megerősítik.

2012 novemberét követően Tata városközponti része alatti karsztvízszintek növekedésével (lásd: TÉ-2 észlelőkút idősorán az 1. ábrán) a forrásokon mért vízhozam értékek is egyre nagyobbak lettek, tehát egyértelmű az összefüggés a karsztvízszint és a forráshozam idősorok között.



12. ábra. Az egyes források 2012 novemberéig mért vízhozam értékeinek relatív szórása

4. VÍZKÉMIAI VIZSGÁLATOK

A tatai források vízkémiai értékelése nagyon fontos, és elengedhetetlen része a vizsgálatnak, hiszen a vízhozamok alakulása mellett ezen paraméterek alapján lehet egyértelműen kijelenteni, hogy az adott helyen feltörő víz milyen eredetű. A megfelelő komponensek utalnak arra, hogy tiszta karsztvíz-e vagy keveredik hozzá talajvíz, esetleg szennyvíz, egyes mutatók összehasonlítása pedig jelzi, hogy melyek azok a források, amelyek ugyanabból a vízáadó rétegből kerülnek a felszínre. A hozammérésekkel ellentétben itt nem csak az állandó túlfolyással rendelkező forrásokat tudjuk jellemezni, az előbbi öt forráson kívül további három esetén készültek vízkémiai vizsgálatok.

A helyszíni és laboratóriumi vizsgálatok során olyan komponensek mérése történt meg, amelyek utalhatnak a víz karsztos jellegére és az egyes források közös eredetére (ilyen pl. a fajlagos elektromos vezetőképesség, klorid, összes keménység), vagy amelyek megmutatják, hogy kerül-e a feltörő vízbe valamilyen szennyezőanyag (ilyen pl. a kémiai oxigénigény, vagy a nitrogén-és foszforformák). A vizsgált komponensek, és a mérésüket leíró szabványok a következők:

- | | |
|-----------------------|----------------------|
| - vezetőképesség | MSZ 448-32:1977, |
| - ammónium | MSZ ISO 7150-1:1992, |
| - nitrit és nitrát | MSZ 448-12:1982, |
| - oldott orto-foszfát | MSZ 448-18:1977, |
| - KOIps | MSZ 448-20:1990, |
| - összes keménység | MSZ 448-21:1986, |
| - klorid | MSZ 448-15:1982, |
| - oldott oxigén | MSZ EN 25814:1998, |
| - zavarosság | MSZ ISO 7027:1992. |

4.1. A vizsgált komponensek és a mérési eredmények értékelése

A vezetőképesség és az összes keménység értékeiből arra lehet következtetni, hogy a vizsgált víz tisztán karsztos eredetű-e, vagy a felszín felé vezető útján keveredik más vizekkel is. A BME Víziközmű és Környezetmérnöki Tanszékének laborvezetőjétől, Musa Ildikótól kapott adatok szerint a Dunántúli-középhegység karsztvízeinek vezetőképessége 466-720 $\mu\text{S}/\text{cm}$ között, összes keménysége pedig 77-383 mg/l CaO között változik. Az ezekben a tartományokba eső vezetőképesség és összes keménység egyértelműen karsztvízre utal, míg a magasabb értékek a talajvízzel való keveredést jelzik. A Lo Presti forrás (1), Törökfürdő forrása (2), Május 1. út 43. (5), és a Zsidó Iskola kútjának forrása (8) esetén tehát biztosan karsztvízről beszélünk, a Május 1. út 45. (4), Lelkes-forrás (6) és Bűdös-kút (7) esetén pedig kevert vízről. A Harmónia Vadászbolt alagsorában szivárgó víz esetén elég alacsonyak ezek az értékek, de kissé nagyobbak a többi karsztvíznél mértéknél, tehát nem kizárt, hogy ez a minta csekély mennyiségű talajvizet is tartalmaz. Ez a megállapítás meg is állja a helyét, hiszen a vadászboltnál nem egy feltörő forrásból származik a vízminta, hanem a talajból az épület alagsorába beszivárgó vizekből.

A klorid koncentrációjának vizsgálata azért nagyon fontos, mert ez az anyag konzervatívnak tekinthető, tehát nem bomlik le és nincs szilárd állapota, így nem tud kiüledni a talajszemeséken. Ezen tulajdonságai alapján ez a komponens alkalmas arra, hogy eldöntsük, az egyes helyeken fakadó források ugyanabból a felszín alatti víztestből származnak-e, vagy sem. A mért klorid-koncentrációk

alapján elmondhatjuk, hogy az 1-es, 2-es, 5-ös és 8-as források azon kívül, hogy karsztos eredetűek, azonos felszín alatti vízádból is származnak, hiszen a klorid koncentrációjuk közel azonos (21 és 24 mg/l között változik). A másik négy forrás között nem lehet felfedezni ilyen összefüggést.

A forrásokat szennyező szerves anyagok mennyiségét jellemzi a kémiai oxigénigény (KOI_{ps}) értéke. Magas szerves anyag tartalom figyelhető meg a 3-as, 4-es és 7-es források esetén. Ez származhat szennyvíz keveredéséből, vagy a talajban bomló szerves anyagokból, azaz talajvízből is. Az 1-es, 2-es, 5-ös, 6-os és 8-as minták esetén alacsony szerves anyag tartalmat állapítottak meg a vizsgálatok, tehát védett víztartóból származnak.

A nitrogénformák vizsgálatával ugyancsak a forrásokat szennyező hatásokra következtethetünk. A nitrifikációnak nevezett folyamat során a vízben található ammónium először nitríté, majd a következő lépésben nitráttá oxidálódik. A nitrifikációhoz szükséges, hogy a vízben elegendő oxigén legyen jelen, különben a folyamat el sem kezdődik, vagy megreked valamelyik lépcsőnél. Ennek megfelelően a nitrogénformák elemzésénél figyelembe vesszük az egyes forrásoknál mért oxigéntelítettség értékeit is.

Az 1-es, 2-es, 5-ös és 8-as források esetében nem mutattak ki a vizsgálatok nitrogén tartalmú szennyezőanyagot, ezek a karsztforrások tehát nem tekintendők szennyezettnek sem szerves, sem szervetlen anyagokkal. A vadászboltnál sem ammónium, sem nitrít nem mutatható ki, kis mennyiségű nitrát azonban található a vízben. A közel 80 %-os oxigén telítettségnek köszönhetően, itt a nitrifikáció teljes folyamata megtörténik, ez magyarázza az előbbi jelenséget. A mért oxigéntelítettség értékek közül a Május 1. út 45. bizonyult a legmagasabbnak, 84,6 %-kal. Ennek megfelelően ebben a mintában kimutatható volt a nitrogénformák mindegyike. A Lelkes-forrásnál igen magas ammónium koncentráció volt tapasztalható, nitrít azonban csak a 2012. december 3-i mintában (abban is alacsony koncentrációval), nitrát pedig egyáltalán nem volt kimutatható. Ebben az esetben a kb. 50 %-os oxigéntelítettség nem elég nagy ahhoz, hogy a nitrifikáció maradéktalanul végbemenjen. Hasonló a helyzet a Büdös-kútnál is, amely szinte teljesen oxigénhiányos környezet, tehát a rendkívül magas ammónium koncentráció ellenére a másik két nitrogénforma koncentrációja nem éri el a méréshatár értékét.

Az oldott orto-foszfát jelentős mennyiségben figyelhető meg a 3-as és a 4-es mintákban. Ez mind a két esetben arra utalhat, hogy megjelenő vizekhez szennyvíz keveredik.

A zavarosság mérése a vízminták lebegőanyag tartalmának becslésére szolgál. A zavarosság vizsgálatánál figyelembe kell venni azt is, hogy a mérés eredményét befolyásolja a vízminta színe, tehát az erősen vasas vizeknél magasabb értéket kaphatunk, holott nem tartalmaznak nagy mennyiségű lebegő anyagot.

4.2. Következtetések

A Lo Presti forrás, a Törökfürdő forrása, a Május 1. út 43. fakadóvíze és a Zsidó iskola kútjának forrása tisztán karsztvízes eredetű. A vizsgálatok egyik alkalommal sem tártak fel szerves vagy szervetlen szennyezést a mintákban, és az is kijelenthető, hogy ez a négy forrás ugyanabból a felszín alatti víztestből fakad. A közös eredetük azért vehető biztosnak, mert a zavarosság kivételével az összes vizsgált vízkémiai komponens közel azonos értékeket mutat ezeknél a vízmintáknál. A lebegőanyag tartalom változékonysága valószínűleg mintavételi hibával magyarázható. Fontos kiemelni, hogy a laborvizsgálatok nem terjedtek ki minden olyan komponensre, amelyek alapján ki lehetne jelteni, hogy ezen források vize iható lenne. A források ivóvízként való hasznosítása előtt tehát további méréseket kell majd végezni, melyeknek a vízminták bakteriológiai vizsgálatára is ki kell terjedniük.

A Harmónia Vadászbolt szivárgó vizei is karsztos eredetűek, azonban itt nagy mennyiségű szerves anyagot és oldott orto-foszfátot mutattak ki a vizsgálatok. Ez azt jelenti tehát, hogy az itt fakadó vízbe szennyvíz is keveredik. Kisebb mennyiségben ugyan, de ammóniumot és nitrátot is tartalmaztak a minták, ami ugyancsak szennyvízre utal.

A Május 1. út 45. sz. alatti jelenség esetén is kevert vízről beszélhetünk. Itt a karsztvízhez már nagy mennyiségű talajvíz is keveredik, a magas koncentrációjú nitrogénformák és oldott orto-foszfát pedig szennyvízterhelésre utalnak. Ezt bizonyítja kiugróan magas kémiai oxigénigény értéke is.

A Lelkes-forrás vízmintáinál egyértelműen kijelenthető, hogy a karsztvízhez talajvíz keveredik, erre utal az igen magas vezetőképesség és összes keménység. A magas ammónium, az alacsony nitrít és nitrát koncentráció arra utal, hogy a nitrifikációs folyamat megreked. A forrás vizéhez nem keveredik

szennyvíz, hiszen sem a szerves anyag tartalom, sem az oldott orto-foszfát tartalom nem volt jelentős ezekben a mintákban.

A Büdös-kút esetében igen alacsony, mindössze 6 %-os oxigén telítettséget mértünk, ami ráadásul a mintavételi nehézségek miatt minden bizonnyal csak a levegőből a mintázás során beoldódott oxigénnek köszönhető. Az abszolút oxigénhiányos környezet miatt a nitrifikáció megreked, azaz bár a forrás vize nagy mennyiségű ammóniumot tartalmaz, nem mutatható ki benne a másik két nitrogénforma. A vízben oldott oxigén hiánya további bizonyíték arra, hogy ezen a helyen az egykori Büdös-kút vize tör fel, hiszen kénhidrogénes források csak redukzív környezetben alakulhatnak ki.

5. A FORRÁSVIZEK VASTARTALMÁRA VONATKOZÓ MEGÁLLAPÍTÁSOK

Egyes források magas vastartalmára Lorberer és Vásárhelyi (2011) szerint az a magyarázat, hogy a források újbóli megjelenésével párhuzamosan a mésztufa képződés is újra beindul. Egyelőre még a kiváló ásványfázis összetétele az agyagos környezet és a kevert víz hatását jelzi, ezért tapasztalhatók a gypvasérchez hasonló, élénkpiros színű kiválások. Ez a jelenség idővel valószínűleg változni fog: a rendszer karsztvíz általi teljes átmosása, kilúgozása után a vasas színezés mértéke lecsökkenhet.

Lorberer és Vásárhelyi elméletét támasztják alá az általunk tett megfigyelések is. Ezek szerint azokban a vízmintákban tapasztaltunk magas vastartalmat, amelyek nem tisztán karsztos eredetűek, ezeknél a forrásoknál ugyanis a felsőbb, vastartalmú talajrétegekben szivárgó víz keveredik a karsztvízzel, és így tör a felszínre. A **13. ábrán** a Lelkes-forrás vízhozamának mérését segítő PVC cső látható. A két fénykép készítése között csupán egy hét telt el, már ennyi idő alatt is jelentős mértékű elszíneződés volt tapasztalható a cső falán. A tiszta karsztvizek vizsgálatakor nem tapasztaltunk magas vastartalomra utaló jelenségeket (vöröses árnyalatú vízminta, vagy a vizsgálat során képződő Fe (III) csapadék).



13. ábra. Vasas elszíneződés a Lelkes-forrásnál beépített PVC csövön

6. IRODALMI HIVATKOZÁSOK

- Dornay B., 1925. *Tata-Tóváros hőforrásai és közgazdasági jövőjük*. Englander Ferenc Nyomdája, Tata
- Horusitzky H., 1923. *Tata és Tóváros hévforrásainak hidrogeológiája és közgazdasági jövője*. Magyar Tudományos Társulatok Sajtóvállalat, Budapest
- Hydrosys Kft., Monumentum Kft., Equilibrium Bt., 1999. *A tatai források visszatérésével kapcsolatos vizsgálatok és cselekvési program*. Tata Város Önkormányzata, Tata
- Lorberer Á., Vásárhelyi B. 2011. *A Tatán újrafakadt barlang-forrás környezetéből származó kőzetminták mérnökgeológiai értelmezése*. Mérnökgeológia-Kőzetmechanika 2011.
- Maller M., Hajnal G., 2013. Tata, városközpont építéshidrologiai problémái. *Magyar Építőipar*, 2013. év 3. szám.