



HÉVÍZI
SZENT ANDRÁS
REUMAKÓRHÁZ ÉS GYÓGYFÜRDŐ

Kutatási jelentés

a Hévízi-forrásbarlang 2024. évi kutatásáról

Készítette:

Dr. Szieberth Dénes

Kutatásvezető, egyetemi docens

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

Vegyésszmérnöki és Biomérnöki Kar, Szervetlen és Analitikai Kémia Tanszék

Samu Zoltán Tamás

Természet- és környezetvédelmi stratégiai koordinátor

Hévízi Szent András Reumakórház és Gyógyfürdő

Előzmények

A Nyugat-dunántúli Környezetvédelmi, Természetvédelmi és Vízügyi Felügyelőség 3-1/7/2013 sz. határozatában, majd Vas Megyei Kormányhivatal VA/KTF02/818-5/2016, illetve azt követően a Zala Megyei Kormányhivatal, Zalaegerszegi Járási Hivatala, Agrárügyi és Környezetvédelmi Főosztály ZA/KTF01759-10/2018 határozattal módosított, 2023 május 31. napig érvényes; kutatási engedélyt adott a Hévízi Szent András Reumakórház és Gyógyfürdő számára.

A Hévízgyógyfürdő és Szent András Reumakórház (8380 Hévíz, Schulhof sétány 1., továbbiakban Kérelmező) 2023. május 15.-én kérelmet nyújtott be a Hévízi-forrásbarlang 3-1/7/2013 számú kutatási engedély meghosszabbításának engedélyezése tárgyában a Zala Vármegyei Kormányhivatal, Környezetvédelmi, Természetvédelmi és Hulladékgazdálkodási Főosztály, Környezetvédelmi és Természetvédelmi Osztályhoz (továbbiakban: Hivatal).

A 2023. június 08. a Hivatal értesítette a kérelmezőt, hogy illetékesség hiányában a kutatási engedély meghosszabbítására vonatkozó kérelmet hatáskör hiányában áttette az Agrárminisztérium Természetvédelméért felelős Államtitkárnak, mint az ügyben hatáskörrel és illetékességgel rendelkező elsőfokú hatósághoz.

A Hivatal 2023. augusztus 17. napon hiánypótlás teljesítésére hívta fel a kérelmezőt miszerint:

„Küldje be Hatóságomnak, illetve a Balaton-felvidéki Nemzeti Park Igazgatóságnak (8229 Csapok, Kossuth Lajos u. 16., továbbiakban: Igazgatóság) a barlangok látogatásának és kutatásának egyes feltételeiről, valamint a barlangok kiépítéséről és hasznosításáról szóló 17/2021. (IV.9.) AM rendelet szerint meghatározott tartalmi követelményeknek megfelelő kérelmet.”

Az Igazgatóság 3587-2/2023. számú adatszolgáltatásában az alábbiakat közölte:

„Felhívjuk a figyelmet, hogy a kutatást végző személynek/szervezetnek szükséges beszereznie Igazgatóságunktól a barlangkutatási hozzájárulást a 17/2021. (IV. 9.) AM rendeletben (a barlangok látogatásának és kutatásának egyes feltételeiről, valamint a barlangok kiépítéséről és hasznosításáról) részletezettek szerint. Jelen megkeresés keretein belül nem áll módunkban olyan természetvédelmi kezelői hozzájáruló nyilatkozat kiadása, mely az Igazgatóság barlangkutatási hozzájárulásának is megfeleltethető, mivel a rendelet által támasztott kritériumoknak megfelelő tartalmú kérelem nem áll az Igazgatóság rendelkezésére.”

A Kérelmező, kérelmet nyújtott be az Igazgatósághoz miszerint:

A Hévízi Szent András Reumakórház és Gyógyfürdő (8380 Hévíz, Dr. Schulhof Vilmos sétány 1) a Hévízi-tó forrásbarlangban kutatási célú barlangi bűvármerülésekre engedélyt kérelmezett 2023. augusztus 24.-én, (K/91-6/202) az alábbiak szerint:

Kutatás helyszíne: **Hévízi-forrásbarlang**

Kataszteri szám: **4440-1**

Település: **Hévíz**

Hrsz: **964/8**

A tevékenységben részt vevők:

Kutatásvezető: Dr. Szieberth Dénes (118 Budapest XI. kerület Szittyá utca 7.)
végzettségek: Teknikal Cave Diver (cert# 135036)

Kutatásvezető helyettes: Szilágyi Zsolt (1164 Budapest, Magtár u. 83/2) barlangi bűvár kutatásvezetői igazolványának száma: 279, barlangi merülésvezetői igazolványának száma: MBSZ/TB-014-BBM, végzettségek: GUE Cave2 Instruktör

Kutatásvezető helyettes, a nem feltáró jellegű kutatások tekintetében: Hosszú Attila József, (8000 Székesfehérvár, Halom u. 4.), végzettségek: UEF Full CAVE Diving Instruktör Trainer, IANTD Cave Instruktör Trainer

A merülésben résztvevő személyeket a Barlangkutató Bűvár és Természetvédő Társaság (8000 Székesfehérvár, Halom u. 4., Képviselője Hosszú Attila József, a továbbiakban társaság) jelöli ki. A társaság által kijelölt személyeknek meg kell fellelnie a barlangok látogatásának és kutatásának egyes feltételeiről, valamint a barlangok kiépítéséről és hasznosításáról 17/2021. (IV. 9.) AM rendelet (3) és (5) bekezdésében foglaltakat.

A kutatási munka részletes leírását tartalmazó kutatási terv:

- A forrásokról fakadásokról fotó, és videó-dokumentáció készítése.
- Ugyanezen a helyeken a víz hőmérséklet gondos mérése, meleg források esetében a maximum-értékek, hideg forrás(ok) esetében a minimum-értékek megkeresése, mérése, rögzítése.
- Azoknál a forrásoknál, ahol beépített hőmérsékletmérő szonda van, ott a szonda ellenőrzése vizuálisan, fotódokumentummal. Ugyanezen a helyeken hőmérsékletmérés közvetlenül a szonda mellett.
- A forrásbarlang általános állapotának felülvizsgálata, változások rögzítése (szöveg, és fotó) a korábbi felmérésekhez képest. Lehullott kőzetdarabok, friss falfeltárások, repedések, az iszaplerakódások vagy más üledékek térbeli helyzete, dolomitos, vagy homokköves, vagy márgás felületek, törmelékek felismerése, egyéb, a barlangból ismert ásványok, (pl. markazit-gumók) jelenléte, esetleges kövületek (kagylók, csigák) leírása, dokumentálása.
- A barlangban felgyülemlett levegő leeresztése.
- Mérőszondák felhozatala
- Vízmintavétel a korábbi mintázási pontokon, a vízmintavételért felelős labor utasításának megfelelően, az általuk biztosított palackokba.
- A korábbi ÉNy, É, ÉK irányú mederszelvény-felmérések nyomvonala mentén, iszapvastagság-mérések elvégzése az 1990-es években több alkalommal végzett vizsgálatok óta bekövetkezett változások megadása érdekében.

Az Igazgatóság 2023. szeptember 7-én kelt 4009-2/2023 ügyiratszámom megküldött „Vagyonkezelői hozzájárulásban barlang tudományos kutatáshoz” -BfNPI/4009/2023 számon iktatott kutatási terv szerint-, 2026 szeptember 7-ig, tárgyi barlang vagyonkezelőjeként a határozatban szereplő kikötésekkel a barlang kutatáshoz hozzájárult.

Összefoglalás

Kutatás helyszíne: **Hévízi-forrásbarlang**

Kataszteri szám: **4440-1**

Település: **Hévíz**

Hrsz: **964/8**

A vagyongekezelői hozzájárulás jogosultja: **Hévízi Szent András Reumakórház és Gyógyfürdő**

Vagyongekezelői hozzájárulás kibocsátója, száma: **Balaton-felvidéki Nemzeti Park, 4009-2/2023**

Vagyongekezelői hozzájárulás lejárata: **2026 szeptember 7.**

Jelentés időszaka: **2024. január 1. – 2024. december 31.**

A kutatások gyakorisága:

2023. évben 6 alkalommal volt kutatómerülés

- 2024. 01. 15-16.
- 2024. 03. 11-12.
- 2024. 05. 13-14.
- 2024. 07. 7-8-9.
- 2024. 09. 16-17.
- 2024. 11. 18-19.

feb. 12., ápr. 22., aug. 6., okt. 23., dec. 4.

A páratlan hónapokban barlangi merülések történtek, míg a páros hónapokban csak a kráter vizsgálata zajlott nyílt vízi merülések keretében.

Kutatásban/merülésekben részt vevő személyek:

- Sziebert Dénes
- Szilágyi Zsolt
- Hosszú Attila
- Agócs Zoltán
- Balázs Viktória
- Dehenes Tamás
- Dénes Ágnes
- Hegedűs Katalin
- Hollósi Csaba
- Katona József
- Mátyási Judit
- Molnár László
- Molnár Zsolt
- Sebők Lilla
- Sopronyi Richárd
- Spanyol József
- Süvegh Imre
- Zakar Miklós

A kutatás során felelt és feltárt új barlangszakaszok hossza, vertikális kiterjedése: a jelentés időszakában nem volt új felelt és feltárt barlangszakasz

Jelentés a vagyonkezelői hozzájárulásban megadott időszakban történt kutatásáról

A jelentési időszakra vonatkozóan a kutatási célok és eredmények összefoglalása.

1. A térképen és helyszínen is megjelölt forrásokról fakadásokról fotó, és videó-dokumentáció készítése.

A videókat és képeket nagy méretük miatt, jelentésünk nem tartalmazza. Azokat Intézményünkben lementve tároljuk.

2. Vízhőmérséklet gondos mérése, meleg források esetében a maximum-értékek, hideg forrás(ok) esetében a minimum-értékek megkeresése, mérése, rögzítése. Azoknál a forrásoknál, ahol beépített hőmérsékletmérő szonda van, ott a szonda ellenőrzése vizuálisan, fotódokumentummal. Ugyanezek a helyeken hőmérsékletmérés közvetlenül a szonda mellett.

A szondákból kinyert adatok feldolgozása folyamatos.

3. Azoknál a forrásoknál, ahol beépített hőmérsékletmérő szonda van, ott a szonda ellenőrzése vizuálisan, fotódokumentálással, illetve ugyanezek a helyeken hőmérsékletmérés közvetlenül a szonda mellett megtörtént.

4. A forrásbarlang általános állapotának felülvizsgálata, változások rögzítése (szöveg, és fotó) a korábbi felmérésekhez képest. Lehullott kőzetdarabok, friss falfeltárások, repedések, az iszaplerakódások vagy más üledékek térbeli helyzete, dolomitos, vagy homokköves, vagy márgás felületek, törmelékek felismerése, egyéb, a barlangból ismert ásványok, (pl. markazit-gumók) jelenléte, esetleges kövületek (kagylók, csigák) leírása, dokumentálása.

A merülések során készített videó dokumentációk, tartalmazzák és nyomon követik az állapotváltozásokat. Minden merülésről felvétel készül.

Talált tárgyak és vett minták minden esetben a felszínre kerülnek és kerültek. Ezek vizsgálatáról és elhelyezéséről, esetleges kiállításáról Intézményünk gondoskodik.

A Hévízi-tó területe 10401 számú, „Hévízi-tó II” elnevezésű régészeti lelőhely, mely a Balatoni Múzeum (8360, Keszthely, Múzeum u. 2.) gyűjtőterülete. Régészeti korú tárgy nem került elő.

Mivel jelenlegi merüléseink kutatási célú merülések, de nem járnak további feltárásokkal, így inkább az állapotváltozások nyomon követésére fókuszálnak vizsgálataink.

A merülésben résztvevők elsősorban tapasztalati úton vizsgálták a forrásbarlang általános állapotát. A merülések során a forrásbarlang állapotáról készült fotó és

videódokumentáció, melyeken nyomon-követhetők az esetleges állapotváltozások. A forrásbarlangba történt merülések során a merülésben résztvevők állapotváltozást nem tapasztaltak.

Az elkészített dokumentációk kiértékelése is igazolja, hogy állapotváltozás nem történt. Járattágítás, kitöltés eltávolítás, kimászás nem történt.

Közetdarabok leválása nem észlelhető. A barlang falszerkezetében változás nem történt. A repedések, iszaplerakódások egyéb eddigi ismert üledékek térbeli helyzete változatlan. A forrásbarlangban és környezetében található dolomitos, homokköves és márgás törmelék mennyisége, aránya változatlan. Ásványok, kövületek a merülések során a forrásbarlangból nem kerültek elő.

Az elmúlt években a kutatás során beépített eszközök, kötelek, közlekedést segítő eszközök, a kutatási időszak alatt szükséges cseréje, veszélytelenítése a járatbiztosítás megtörtént. A beépített eszközök állapota megfelelő.

5. A barlangban felgyülemlett levegő leeresztése.

A merülések során a kilélegzett gáz a barlang felső rétegében lencseszerűen felgyülemlik. A barlang állapotmegóvása a végett levegő leengedésre kerül, a teljes barlangtestet víz tölti ki. A feladat elvégzéshez a barlanghoz a felszínről odavezetett 2 coll-os műanyag, szeleppel ellátott csővezeték szolgál.

6. Mérőszondák felhozatala

A barlangba lehelyezett szondák a kézi mérések mellett segítik a fizikai változók mérését. A szondák, a mért adatokat belső tárhelyükben tárolják. Ezek az adatok a driverek felszínre hozatalát követően kerülnek kinyerésre és feldolgozásra.

7. Vízmintavétel a korábbi mintázási pontokon, a vízmintavételért felelős labor utasításának megfelelően, az általuk biztosított palackokba.

A vízanalitikai mérések elvégzéséhez, a vizsgált pontokon mintavételek elvégzése szükséges. Az analitikai mérések során a tavat tápláló termálkarszt minőségi ellenőrzése elengedhetetlen. Az analitikai idősorok segítségével nyomon tudjuk követni az állapotváltozásokat. A laboreredmények Intézményünkben lefűzve találhatóak.

8. A korábbi ÉNy, É, ÉK irányú mederszelvény-felmérések nyomvonala mentén, iszapvastagság-mérések elvégzése az 1990-es években több alkalommal végzett vizsgálatok óta bekövetkezett változások megadása érdekében.

A Hévízi-tó áramlási viszonyai az elmúlt években irrelevánssá tették az állandó meghatározott helyeken történő iszapmélységmérést. Az áramlás következtében történt áthalmozás miatt az iszapréteg bolygatásával elforduló megcsúszása veszélyezteti a merülések lebonyolítást. Iszapmélység mérés nem történt. Az új transztek mentén kísérleti jelleggel az iszapvastagság mérés elkezdődött.

A Hévízi-forrásbarlangban és a forráskráterben 2024 -ben végzett kutatásokról

Készítette: Dr Szieberth Dénes

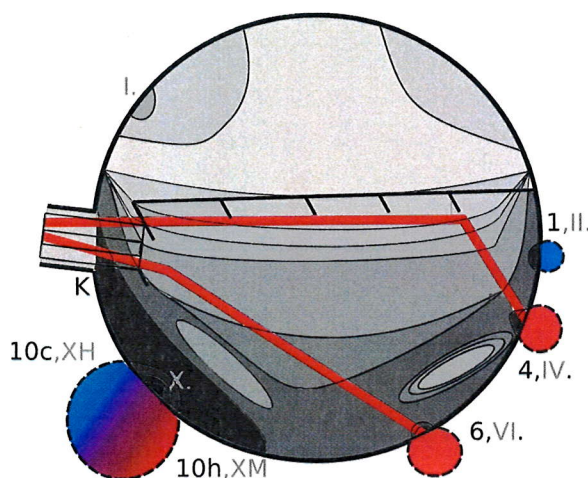
A 2024 -ben végzett kutatómerülések közvetlen célja a barlang forráshasadékaiban mérhető esetleges hozam és vízminőség-változások detektálása és monitorozása, különös tekintettel a vízben oldott kénhidrogén koncentrációjára. A barlang vizének minősége és hozama fontos eleme a fürdőzők által tapasztalt vízminőségnek, azonban nem az egyetlen meghatározó tényező. A forráskráter áramlási rendszere barlangból kilépő és a felszínről leáramló víz keveredésén keresztül meghatározza a tóban észlelt kén-hidrogén mennyiségét, így a projekthez szorosan hozzátartozik a forráskráter áramlásainak vizsgálata is.

A merülések további célja a barlang főtéjének, falainak és aljzatának állapotvizsgálata, az üledéktranszport megfigyelése.

A vizsgálatok a Budapesti Műszaki Egyetem Vegyészmérnöki Karának Szervetlen és Analitikai Kémia Tanszékének, Az Építőmérnöki Kar Vízépítési és Vízgazdálkodási Tanszékének, a Műegyetemi Búvárklubnak és a BBTT barlangi búvár egyesületnek az együttműködésével valósultak meg.

A barlangi merülések rendszeres feladatai:

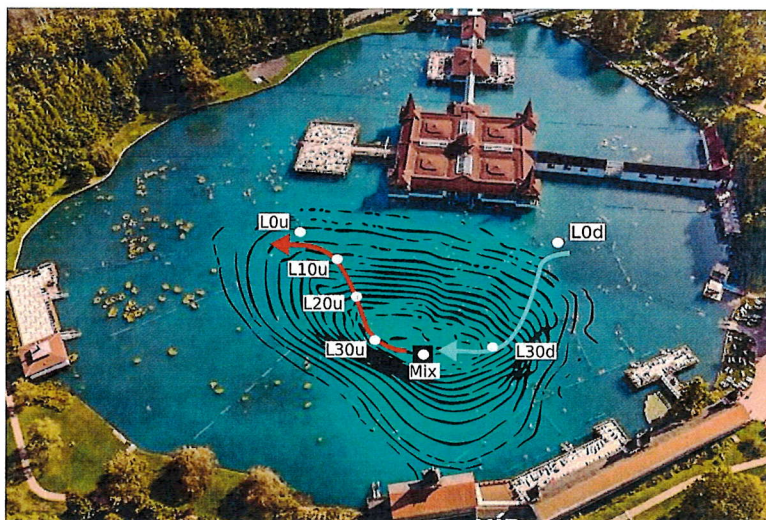
A mintavételi és mérési helyszínek azonosítására az alábbi térképvázlatot használtuk:



Rendszeres vízmintavételek történtek a 10h és 10c forráshasadékokból, valamint a belső szádfal vonalában a kevert vízből (K). Kézi hőmérsékletmérést végeztünk az 1, 4, 6, 10h és 10c forrásoknál, valamint hőmérsékletregisztráló műszereket helyeztünk el bizonyos periódusokra a 10h, 10c forráshasadékokba, illetve a kettő közötti keveredési zónába. A laboratóriumi analízishez kihozott mintákon túl a kénhidrogéntartalom vizsgálatára is mintáztunk reagenssel előtöltött fecskendőkkel, amik lehetőséget adtak a helyszíni kiértékelésre.

A forráskráter vizsgálatának rendszeres feladatai:

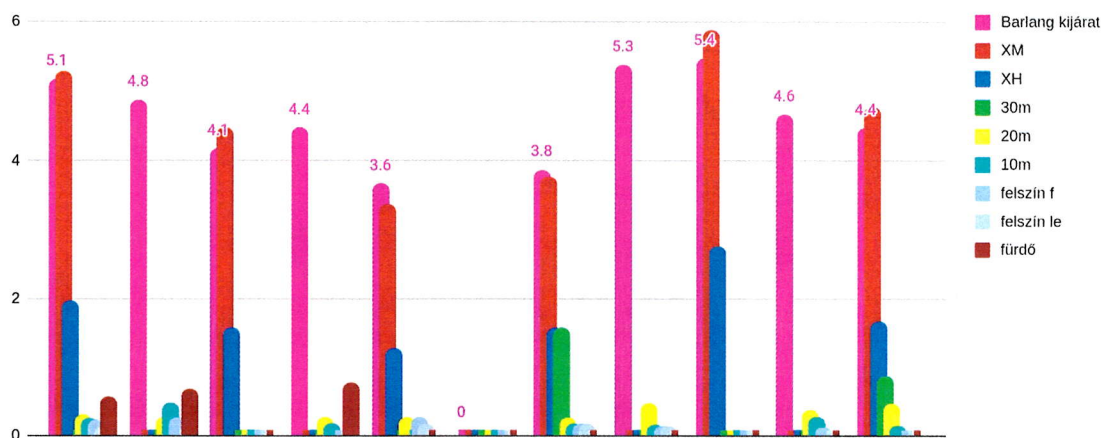
A kráter vizét az alábbi ábrán jelzett helyszíneken vizsgáltuk:



A mérések eredményei:

Kén-hidrogén:

Az oldott kén-hidrogén koncentrációk (mg/l) januártól novemberig a következőképpen alakultak:



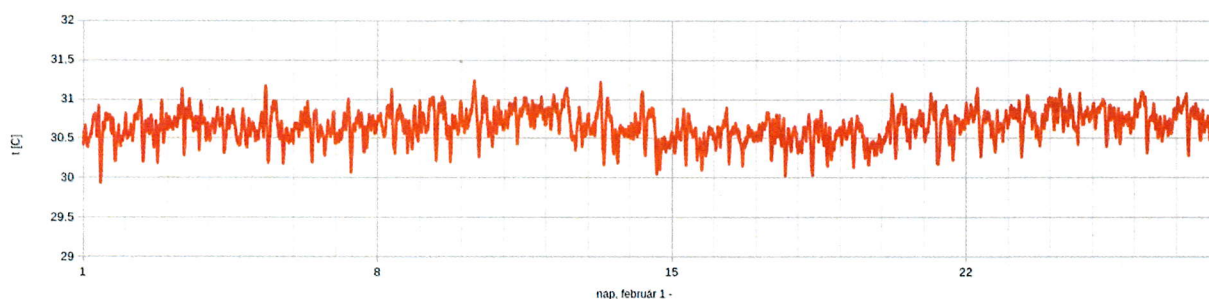
Látható, hogy ugyan a májusi és júliusi értékek alacsonyabbak voltak, a kén-hidrogén koncentrációjának éves átlaga nem csökkent az előző évekhez képest. Továbbra is igaz, hogy ugyan a barlangból kiáramló kevert víz jelentős mennyiségű kénhidrogént szállít, a tó felszínére a gyors oxidációs folyamatok miatt ebből csak nagyon kevés ér fel.

Hőmérsékletek:

A barlang hőmérséklete az egyes forráshasadékokban a következőképpen alakult a kéthavi barlangi mérések során [°C]:

	1	4	6	10c	10m	K
január.	26.7	37.5	38.5	24.6	39.2	37.3
március	26.6	37.2	38.1	25	39.3	37.3
május	26.4	37.2	38.2	24.2	39.2	37.4
július	27.3	37.5	38.4	24.4	39.3	37.4
szeptember	-	37.4	38.3	24.2	39.2	37.3
november	-	-	-	24.7	39.3	37.4

A táblázatból látható, hogy a nagyobb hozamú, meleg források hőmérséklete csupán kis szórást mutat, a két hidegebb forrás mért hőmérséklete ingadozik. Ennek indoka feltehetőleg nem a forrásvizek hőmérsékletének változása, hanem forrásszájához közeli keveredési zóna által nehezített mérés. Két egymáshoz közeli, különböző hőmérsékletű forrás keveredési zónájában egy fix pont hőmérséklete jellemzi a két forrás relatív hozamát. A 10c-10h források között, februárban mért hőmérsékletek a következő diagrammon láthatóak:



Megállapítható, hogy a két forrás relatív hozama erős napi változást mutat, napi átlagosan két kiugró csúccsal, ami emberi beavatkozásra (szivattyúzás) utal. Felvetődik annak lehetősége, hogy a keveredési zónák részletesebb tanulmányozása lehetőséget adhat az esetleges illegális vízkivételek lekövetésére.

A barlang vizének átlagos hőmérséklete a mintavételi pontokon a korábbi évekéhez viszonyítva az alábbi táblázatban látható:

Year	1	4	6	10c	10h	K (Mix)
	[°C]					
2019	25.3 (0.74)	36.6 (0.51)	37.4 (0.71)	25.1 (1.45)	38.3 (0.36)	36.8 (0.35)
2020	27.5	36.4	37.2	23.5 (0.32)	38.7 (0.55)	36.3 (0.1)
2021	26.9	37.0	38.6	24.2	39.1	36.8
2022	26.7 (0.25)	37.4 (0.14)	38.2 (0.52)	24.8 (0.37)	39.2 (0.53)	37.5 (0.04)
2023	27.8 (1.26)	37.8 (0.51)	38.3 (0.20)	24.7 (0.35)	39.2 (0.21)	37.3 (0.09)
2024	26.8 (0.47)	37.3 (0.15)	38.3 (0.13)	24.5 (0.35)	39.3 (0.05)	37.4 (0.05)

Megállapítható, hogy a barlang kevert vizének hőmérséklete 2022 óta szignifikánsan nem változott.

Általános megfigyelések:

A barlang főtéjén új leszakadásnak nem volt nyoma. A forráshasadékokban elhelyezett merevítők, cövekek pozíciója nem változott. Az üledéklejtőn látható áthalmazódásnak, csuszamlásnak nincsen nyoma, az ott elhelyezkedő, korábban lehullott sziklák pozíciója nem változott. A források hőmérséklete sem jelez trendszerű változásokat, hozamát helyeződésnek nincsen nyoma.

Ugyan az üledéket a korábbi évtizedekben elvégzett, a források "tisztítására" irányuló bűvármunka jelentősen átmozgatta, kísérletet tettünk a barlangban természetes állapotú pont megtalálására. A 40mm átmérőjű, 1m hosszú üledékmintavevő csővel végrehajtott próbamintázás szerint az iszapnyereg bal oldalán a barlang hátsó részében lévő "domb" mélyebb rétegei természetesnek látszó rétegződést mutatnak, ennek további vizsgálatát javasoljuk.

Ugyan a kráter barlangszáj előtti része dolomitkaviccsal van tele, a barlangon belül dolomitot men találtunk. A 6 -os forráshasadék alsó részében a kemény, pirites homokkő-törmelék alatt konglomerátumszerű darabokat találtunk, ennek vizsgálatára felkértük a BME ÉMK Geotechnika és Mérnökgeológia Tanszékét.

A forráshasadékok belsejében számos különböző jellegű, feltehetően bakteriális eredetű képletet figyeltünk meg, ennek vizsgálata a barlang és a tó kénmérlegének felállításához is szükséges lenne.

Felszíni áramlásmérések

A Hévízi-tó áramlási viszonyait az 1940-es években kezdték el vizsgálni. Moll (1941) leírta a tó fő áramlási jellegzetességeit, amit később Cziráky (1957) is igazolt. Az utolsó áramlási mérésekre 1984-ben került sor, amikor Starosolszky a beépítendő „kémény” – ez szállítja fel a meleg vizet közvetlenül a forrástól a fürdőépület alá – előtt a műszaki tervezés részeként vizsgálta a sebességeket. A mérési módszer minden esetben hasonló volt: valamilyen felszínen úszó jelzőanyagot (úszó, botúszó, világító úszó) figyeltek, a megtett út és idő alapján számoltak sebességet. A későbbi évtizedekben már a fürdőépületre szerelt kamerával pontosították a méréseket.

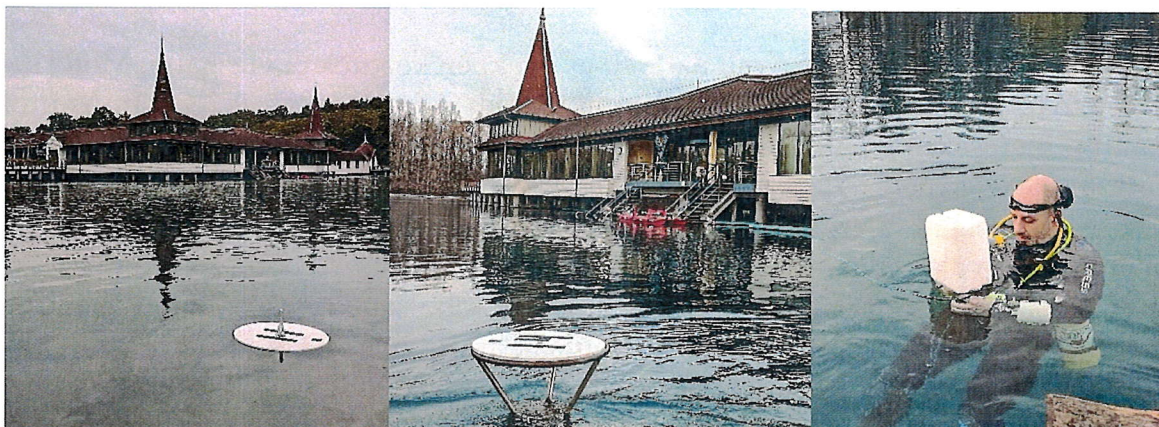
A tavon a „kémény” megépítése óta nem történt ilyen megfigyelés, így a megváltozott áramlási viszonyok feltárására nyílik lehetőség ezzel a méréssel. Az áramlás több szempontból is fontos szerepet játszik a tó életében: szabályozza a hőmérsékleti eloszlást, az iszap mozgását és a gyógyhatású oldott komponensek mennyiségét.

Két alkalommal – melyek idejének kiválasztásában a merülések során tapasztalt forráskráterben megváltozó áramlási irányok voltak döntő jelentőségűek – végeztünk ilyen mérést, mind a két alkalommal a fürdő zárása után, a zavartalan megfigyelések érdekében, a zilipekkel szabályozott közel állandó éjszakai vízszint kialakulása előtt.

A módszertan a korábbi mérési elven alapul, de a kornak megfelelő eszközökkel, az LSPTV (Large-Scale Particle Image Velocimetry) módszernek megfelelően történtek, amely Lagrange-i megközelítést alkalmaz. A sebességvektorok számítása az egymást követő képkockákon megtalált és követett nyomjelzők elmozdulása alapján történik.

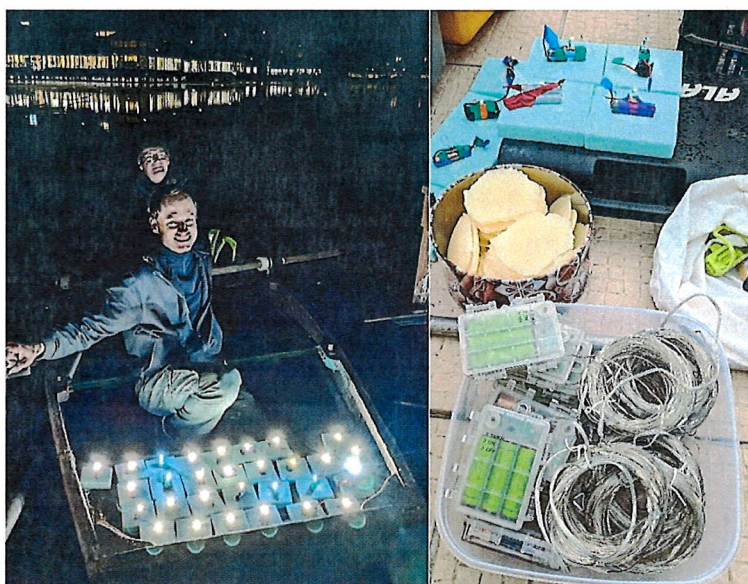
A tavon fix helyzetű, ismert koordinátájú pontokat helyeztünk el, a nyomjelzőket pedig drónra (DJI Mavic 2 Air) szerelt kamerával rögzítettük. A feldolgozás során így az ismert koordinátájú pontok alapján georeferálhatóak a felvételek, a jelzőanyagok mozgásából pedig a felszíni áramlás iránya és nagysága számítható.

A mérés megkezdése előtt az erre a célra készített fix pontok (illesztőpontok, 1. fénykép) elhelyezésre kerültek. A georeferáláshoz szükséges, hogy minimum 3 ilyen pont látható legyen minden képen, így az elhelyezésnél ezt a kritériumot és az áramlás feltételezett irányát vettük figyelembe. Ezek egyrésze 2, 3 és 4 méteres alumínium csövekre helyezett 50 cm-es átmérőjű habosított műanyag korongok voltak, számmal ellátva. Másik része a korongoknak az ún. „pletykapadokra” került rögzítésre. Az első mérés tapasztalatai szerint, a kráter feletti illesztőpontok sűrítésére volt szükség. A nagy mélység miatt itt a fenékhez rögzített bójákat alkalmaztunk. A másik megoldás ennek a kiküszöbölésére a drónnal való nagyobb repülési magasság lett volna, azonban ahhoz, hogy az algoritmus megtalálja a jelzőanyagokat ez a magasság már nem lett volna optimális. Az elhelyezést követően RTK GPS segítségével mértük be az illesztőpontokat.



1. fénykép. Fix helyzetű, ismert koordinátájú pontok elhelyezése rúdon (balra), „pletykapadon” (középen), bóján a kráter fölött (jobbra)

Jelzőanyagként (2. fénykép) a tó ökológiájának, vízminőségének védelme miatt környezetbarát, néhány nap alatt lebomló, kb. 8 cm átmérőjű méhviaszból készített viaszkorongokat használtunk, amelyek esetleges eltűnésük esetén sem okoznak problémát. Mivel a mérések a fürdő zárása után volt lehetőség, így az éjszakai mérések miatt más megoldásra volt szükség. Felmerült a tó megvilágításának ötlete, azonban ez nem volt kivitelezhető, így a méhviasz korongok helyett az első mérés alkalmával mécsesek használtunk. A teljes szélcsend miatt tükörsima volt a tó felszíne, így a mécsesek alkalmazhatóak voltak, a következő mérés alkalmával azonban, – készülve az esetlegesen szelesebb időjárásra – már „tutajokon” úszó ledeket alkalmaztunk.



2. fénykép. Jelzőanyagként használt úszó ledek (balra), viaszkorong és ledsorok a fix pontok megvilágításához (jobbra)

A mérés során a mérőcsapat három részre oszlott: az egyik része egy csónakkal a nyomjelzők eleresztését végezte a forráskráter fölött, a másik a drónt irányította a szárazföldről, a harmadik része pedig a jelzőanyagok feltételezett áramlása szerint a végponton várakozott, majd begyűjtötte az úszó jelzőanyagokat.

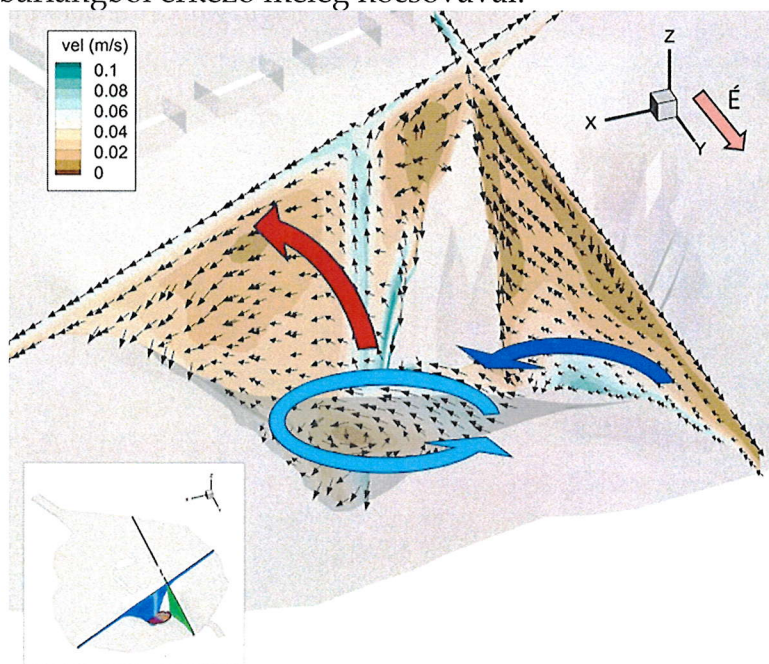
Hidrometeorológiai vizsgálatok és az áramlási rendszer modellezése

Kutatásunk célja a Hévízi-tó hidrometeorológia meghajtó folyamatainak feltárása valamint hosszú- és rövididőléptéken egy háromdimenziós numerikus modell felállítása, ami a jelenlegi tavi áramlási állapotot képes szimulálni és a későbbiekben áramlási és hőmérsékleti előrejelzésre alkalmassá tehető. Ezekhez kampányszerűen terepi méréseket végzünk a tó állapotának megismeréséhez, a numerikus modell kalibrálásához és validálásához.

Első kampányunk során (2023. augusztus 22. és szeptember 10. között) rutin meteorológiai mérések mellett végeztünk örvény-kovariancia méréseket melyek során a turbulens cserefolyamatokat mértük. Az örvény-kovariancia mérések eredményeiből kiszámítottuk az hőcsere folyamatok átviteli együtthatóit, amelyek segítségével a későbbiekben a turbulens cserefolyamatokat a rutin meteorológiai mérések alapján is becsülni lehet. Továbbá mértük a beérkező és a vízfelszínről visszaverődő rövidhullámú sugárzást, valamint a légkörből érkező és a víztestből kiáramló hosszuhullámú sugárzást. Ezzel összességében a tó hőháztartása és energiamérlege volt feltárható. Ezekkel egy időben a forráskráter falán több ponton mértük az áramlások sebességét, irányát és a tó vízszintjét. A műszerek felszerelésekor felmértük az északi elvezető csatorna geometriáját és megmértük az azon elvezetett vízhozamot. Az északi- és déli elvezető csatornán, valamint a tó közepén folyamatosan rögzítettük a vízszintet.

Az átviteli együtthatók kiszámításához szükségünk volt téli mérési adatokra is ezért a második kampányunk során (2024. január 26-tól 2024. február 28-ig) ismét hasonló méréseket végeztünk. Ezen túl az északi és déli kifolyón is vízhozam méréseket végeztünk.

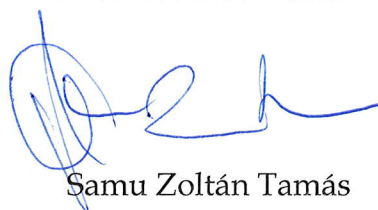
A cirkulációban megfigyelt változás okára hipotézist állítottunk fel és vizsgáltunk, amely szerint a Hévízi-tó cirkulációja évente többször irányt változtat és ennek a sűrűségi áramlások az okozói. A feltevésünket számításokkal és numerikus módszerekkel igyekeztünk igazolni. A számításokból megállapítottuk, hogy az irányváltást legnagyobb mértékben a meteorológiai meghajtó folyamatok befolyásolják, amelyek sűrűségi áramlásokat alakítanak ki, amelyek interakcióba lépnek a forrásbarlangból érkező meleg hőcsóvával.



Az eddigi méréseink alapján elkezdtuk kalibrálni a numerikus modellünket. A felállított numerikus modell a nyári időszakról valós képet adott, azonban a téli időszak cirkulációi nem változtak olyan mértékben, ahogy azt a billenőlapos mérőműszer eredményei és a bűvárok szolgáltatott információk mutatták. Ennek véleményünk szerint az elsődleges oka, hogy a téli modellben nem szerepelt a hirtelen lehűlés (amely erős széllel is együtt járt). Ennek vizsgálata és modellezése megkezdődött.



Dr. Szieberth Dénes



Samu Zoltán Tamás

Dátum: 2024. 02. 14.



Dr. Holléné Dr. Mándó Zsuzsanna
főigazgató, intézményvezető

Kutatási jelentést kapja:

1. Címzett
2. Irattár