



# FELSZÍNI BEFOGADÓKBA ELHELYEZETT HASZNÁLT GYÓGYVÍZ HATÁSÁNAK VIZSGÁLATA EGY MAGYARORSZÁGI STRANDFÜRDŐ PÉLDÁJÁN

## INVESTIGATION OF THE EFFECTS OF USED THERMAL WATER IN SURFACE RECEIVERS ON AN EXAMPLE OF A HUNGARIAN SPA

Miski Zoltán Milán,<sup>1</sup> Bodnár Ildikó<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Debreceni Egyetem, Műszaki Kar, Környezetmérnöki Tanszék. Debrecen, Magyarország, [miskizoltan8@gmail.com](mailto:miskizoltan8@gmail.com)

<sup>2</sup> Debreceni Egyetem, Műszaki Kar, Környezetmérnöki Tanszék. Debrecen, Magyarország, [bodnari@eng.unideb.hu](mailto:bodnari@eng.unideb.hu)

### Abstract

In our study, the characteristics and environmental impact of the disposal of used thermal water were investigated in relation to a surface reservoir by a selected local spa using modern field and laboratory test methods at 6 sampling points. The water samples were analysed every 3 months in the field and (within 24 hours of sampling) in the Water Quality Protection Laboratory of the Department of Environmental Engineering, Faculty of Engineering, University of Debrecen, thus, the seasonal changes of the water quality characteristics were effectively monitored. During the laboratory tests, changes in turbidity, biological oxygen demand (BOD<sub>5</sub>), chemical oxygen demand (COD), total organic carbon (TOC), total inorganic carbon (TIC) and alkalinity values were studied, and the macro and micro elemental composition of the samples was also analysed by a partner laboratory using modern an elemental analytical method (ICP-OES). Ion chromatographic analyses were also used to determine the typical anion and cation concentration values of the tested water samples.

**Keywords:** *used thermal water, monitoring, sustainability, environmental protection.*

### Összefoglalás

Kutatásunk során a választott balneológiai komplexum esetén modern terepi és laboratóriumi vizsgálati módszerekkel a kijelölt 6 mintavételi ponton a használt gyógyvíz felszíni befogadóba történő elhelyezésének jellemzőit és környezetre gyakorolt hatásait tanulmányozzuk. A vízminták vizsgálatát 3 havonta terepen, illetve a mintavételt követő 24 órán belül a Debreceni Egyetem Műszaki Kar Környezetmérnöki Tanszéke Vízműnyiség-védelmi Laboratóriumában végeztük el, ezáltal hatékonyan követtük a vízminőségi jellemzők szezonális változásait. A laboratóriumi vizsgálatok alkalmával a zavarosság, biológiai oxigénigény (BOI<sub>5</sub>), kémiai oxigénigény (KOI), összes szerves széntartalom (TOC), összes szervesetlen széntartalom (TIC), valamint a lúgosság értékének változását, illetve egy partnerlaboratórium által elemanalitikai vizsgálatok (ICP-OES) segítségével a minták makro- és mikroelem tartalmát is vizsgáltuk. Ionkromatográfiai vizsgálatokkal a vízminták jellemző anion- és kation-koncentrációértékeit is meghatároztuk.

**Kulcsszavak:** *használt termálvíz, monitoring, fenntarthatóság, környezetvédelem.*

## 1. Bevezetés

Manapság a termálvíz mint regeneratív energiaforrás jelentősége és hasznosítása egyre jobban felértékelődik, ugyanis használata számos lehe-

tőséget hordoz magában. Magyarország európai, nem mellesleg világviszonylatban is egyedülálló geotermikus adottságokkal rendelkezik. A termálvíz gyógyászati, balneológiai, valamint ivó-

vízfogyasztási célú hasznosítása kifejezetten kedvezelt az országban, emellett fűtési, villamosenergia-előállítás, és mezőgazdasági célokra is alkalmazható [1].

Kutatásunk célja a termálvíz-hasznosítás jelentőségének általános bemutatása, az érvényben lévő jogszabályok, illetve a határértékek áttekintésével pedig a használt gyógyvíz környezetre gyakorolt hatásának vizsgálata.

## 2. A termálvíz mint geotermikus energia

A geotermikus energia a Föld belsejéből származó hőt jelenti. Pontosabb megfogalmazásban azon hőmennyiség többletet értjük ezalatt, amelyet a földtani képződmények a felszíni átlaghőmérséklethez képest magasabb hőmérsékletük következtében tárolnak [2].

A Föld belsejéből a felszín felé érkező hőmennyiség átlagosan évi  $10^{20}$  J. A középpontban a hőmérséklet körülbelül  $7000\text{ }^{\circ}\text{C}$ , amely annak köszönhető, hogy 4600 millió évvel ezelőtt, a Föld anyagainak kondenzálódása idején a belső részek hamar felmelegedtek, ennek következtében a sűrűsödő anyagok kinetikus energiája hőenergiává alakult. A másik alternatíva, hogy hosszú bomlási idejű, radioaktív izotópok találhatóak a Föld belsejében, például a  $^{232}\text{Th}$ , a  $^{238}\text{U}$  és a  $^{40}\text{K}$ . Az izotópok bomlásának eredményeképp hő szabadul fel, mely becslések szerint évente  $5 \times 10^{20}$  J, viszont ezen bomlások mértéke fokozatosan csökken a felezési időnek köszönhetően. A keletkezett hő a felszín alatti kőzeteket, illetve a kőzetekben tárolt pórusvizeket hővezetés révén felmelegíti, és az így kapott vizet hévíznek vagy termálvíznek nevezzük. A földfelszín egy adott pontján minél több a pórusokban tárolt víz mennyisége és minél vékonyabb a földkéreg, annál gazdagabb a terület geotermikus energiában [3].

„Geológiai értelemben hévíznek minősül minden olyan víz, amelynek hőmérséklete meghaladja az adott területre jellemző évi középhőmérsékletet. Balneológiai értelemben viszont csak a  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ -nál magasabb hőmérsékletű vizeket nevezik hévíznek.” [4]

## 3. Anyag és módszer

### 3.1. A vizsgált felszíni vízfolyások bemutatása

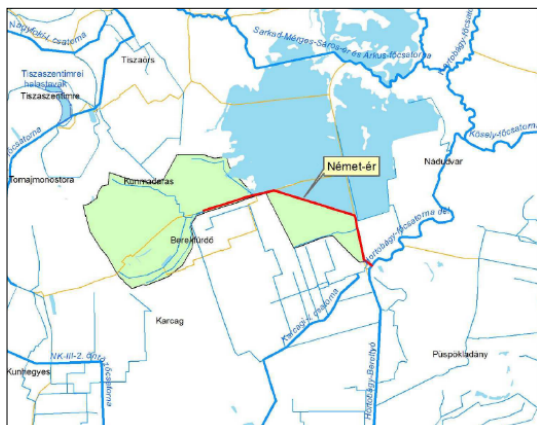
A vizsgált Gyógy- és Strandfürdő 7 hektáron terül el, melynek  $9651\text{ m}^2$  részén medencék üzemelnek. Ezek közül vannak egész évben üzemelő, mind szabad, mind fedett téren, valamint szezonálisan működtetett medencék. A víz hőfo-

kuk  $22\text{--}38\text{ }^{\circ}\text{C}$  között, míg víztérfogatuk a  $20\text{ m}^3$ -es gyermekmedencétől, az  $1750\text{ m}^3$ -es úszómedencéig változik [5].

A fürdő balneológiai szolgáltatásaira, medencéinek töltésére, továbbá zuhanyzói vízellátására jelentős mennyiségű termálvizet használ el. A medencék használt vize zárt betoncsatornában és vezetékben kezdetben gravitációsan, majd át-emelővel a Csónakázó-tóba kerül. Ezt követően a víz gravitációsan továbbfolyik az I. számú víztározón ( $7,40\text{ ha}$ ) keresztül a II. számú tározóba ( $14,00\text{ ha}$ ), mely tározók a helyi horgászgyegetlet kezelésében horgásztóként funkcionálnak. A II. számú tározóból a hulladékvíz az Üllőlaposi I-8-1-c (elsődleges befogadó rendszám: AAB610) nyílt csatornán keresztül a német-éri főcsatornába (AEP843) mint elsődleges befogadóba folyik [5].

A német-éri főcsatorna (1. ábra) síkvidéki, kis esésű, meszes, közepesen finom mederanyagú, időszakos vízfolyás. A víztest teljes hossza  $12,554\text{ km}$ , szélessége  $4\text{ méter}$ , mélysége átlagosan  $1\text{ méter}$ . Vízügyítő területe  $55,86\text{ km}^2$ , befogadója a Hortobágy–Berettyó-főcsatorna (AEP594) [6].

A Német-ér közvetett módon befogadja két szennyvíztisztító telep kommunális szennyvizét is. Berekfürdő tisztított szennyvize az Üllőlaposi I-8-1-c csatorna  $4,4\text{ cskm}$  (csatorna kilométer) szelvényénél kerül bevezetésre  $176\,000\text{ m}^3/\text{évi}$  mennyiségben. Kunmadaras tisztított szennyvize évente  $82\,000\text{ m}^3$ , mely az Üllőlaposi I-8-1-d csatorna  $6,05\text{ cskm}$  szelvényénél kerül befogadásra. Nagymértékű a vízfolyás termálvízterhelése, mivel a csatornába négy helyen történik fürdővízjellegű szennyvízbevezetés. A csapadékvíz-elvezető csatorna  $1,4\text{ cskm}$  szelvényénél a berekfürdői gyógyszálló által évi  $8000\text{ m}^3$  használt termál-



1. ábra. Német-éri vízfolyás útja [7]

víz kerül befogadásra, azonban ez a mennyiség 2024-ben felújítási munkálatok miatt elmaradt. Az Üllőlaposi I-8-1-c csatorna 6,6 cskm szelvényén a Termál Hotel Pávai évi 55 000 m<sup>3</sup>, míg a Berekfürdői Gyógy- és Strandfürdő az egyik bevezetési pontján éves szinten 124 000 m<sup>3</sup>, a másik bevezetési pontján évente 431 000 m<sup>3</sup> használt gyógyvizet helyez el [6].

Hazánkban a Vízyűjtő-gazdálkodási Terv (VGT) a felszíni és felszín alatti víztesteket különböző típusokba sorolja. A Német-eret a VGT2, illetve VGT3 alapján a 6S (síkvídedi – kis esésű – meszes – közepes-finom mederanyagú – kicsi vízyűjtőjű) típusba sorolják. 2010. május 5-én a Magyar Kormány által elfogadott első Vízyűjtő-gazdálkodási Tervben adathiány következtében a biológiai, kémiai, ökológiai állapot nem került besorolásra a Német-ér tekintetében. Azonban a második, illetve harmadik tervben már besorolásra kerültek ezen paraméterek (1. táblázat) [8].

### 3.2. Mintavételi pontok

Mivel a medencék egy része egész évben, másik részük csak szezonálisan üzemel, ezért a méréseinket ennek tudatában próbáltuk lehatárolni, hogy minél szélesebb körben kapjunk információt a különböző víztestek minőségéről és változásairól. Vizsgálatainkat 3 havonta, összesen 4 alkalommal helyszíni, illetve laboratóriumi mérésorozattal valósítottuk meg, odafigyelve az esetleges

évszakos/szezonális változásokra (ősz, téli, tavasz, nyári). 6 mintavételi pontot jelöltünk ki, melyeknél egy rúdra erősített mintavevő edénnyel történt a mintavételezés. A mintákat jól zárható, 2 literes, előre felcímkézett műanyag flakonba helyeztük (2. ábra), amelyeket a laboratóriumi vizsgálatokig napfénytől védett helyen, +4 °C-on tároltunk.

A Berekfürdői Gyógy- és Strandfürdő használt fürdővíze elsődlegesen a Csónakázó-tóba kerül bebocsátásra. Az első mintavételi pont (M1) a víztest elején az egyik bebocsátási ponttól pár méterre, míg a második mintavételi pontot (M2) a víztest végén jelöltük ki (3. ábra). A harmadik (M3) és negyedik (M4) mintavételi pontot az I-es számú tározón jelöltük ki, hiszen a Csónakázó-tavat követően idetörlök gravitációsan a strand hulladékvíze, valamint ebbe a víztestbe kerül a Termál Hotel Pávai használt termálvíze is (3. ábra). A Csónakázó-tóba, valamint az I-es számú tározóba 1-1 levegőztetőberendezés lett elhelyezve. Vizsgálatunk során a harmadik víztest a II-es számú tározó, ahol szintén 2 mintavételi pont került kijelölésre. Az ötödik mintavételi pont (M5) az I-es számú tározóból zárt betoncsatornában gravitációsan érkező víz bebocsátási pontjától pár méterre, míg a hatodik mintavételi pont (M6) a tározóval párhuzamosan folyó, Üllőlaposi I-8-1-c csatornába kerülése előtti ponton lett kijelölve (3. ábra).

#### 1. táblázat. Német-ér állapota a VGT2, VGT3 alapján

VOR	Víztest neve	Biológiai elemek szerinti állapot	Fizikai, kémiai elemek szerinti állapot	Specifikus szennyezők szerinti állapot	Hidromorfológiai elemek szerinti állapot	Ökológiai minősítés	Ökológiai célkitűzés	Ökológiai célkitűzésének teljesítésének éve	Ökológiai mentesség indoka	Kémiai állapot	Kémiai célkitűzés
AEP843	Német-ér	gyenge	gyenge	jó	jó	gyenge	A jó potenciál elérhető	2027+	G2	jó	A jó állapot fenntartandó



2. ábra. Vízmintavétel és mintatárolás



3. ábra. Mintavételi pontok

### 3.3. Mérési módszerek, mérőeszközök ismertetése

A mintavételi pontok kijelölését követően a helyszínen pH-, hőmérséklet-, fajlagos elektromos vezetőképesség-, összes oldott anyagtartalom- (TDS), sótartalom- és oldott oxigénkoncentráció-értékeket határoztunk meg MultiLine P4 elektroanalitikai mérőbőrönd segítségével. A terepi vizsgálati eredmények feljegyzését és a vizsgálandó víz-minták megfelelő tárolását követően a mintákat 24 órán belül a Debreceni Egyetem, Műszaki Kar, Környezetmérnöki Tanszék Vízminőség-védelmi Laboratóriumában elemeztük tovább.

A laboratóriumi vizsgálatok során a zavarosságot Turb 555-IR-típusú, nefelometriás zavarosság-mérő készülékkel, a biológiai oxigénigényt (BOIS) OxiTop IS 12 -típusú, manometrikus mérőüvegekkel, a kémiai oxigénigényt (KOI) fotometriás gyors-tesztel, az összes szerves (TOC) és szervesetlen széntartalmat (TIC) Shimadzu TOC-VCPN-típusú készülékkel határoztuk meg. A lúgosságot (összes és szabad) sav-bázis titrálással, az anion- és kationtartalmat pedig DIONEX ICS-3000 dual ionkromatográfiás rendszerrel mértük.

Az elemtartalom meghatározásához a széles körben elterjedt, műszeres analitikai megoldást, az induktív csatolású, plazmaoptikai emissziós spektrometriát (ICP-OES) alkalmaztuk a Debreceni Egyetem, Szervesetlen és Analitikai Kémiai Tanszék, Környezetanalitikai Laboratórium segítségével.

AquaChem szoftverrel a használt vizek további öntözési célú felhasználását is vizsgáltuk.

## 4. Eredmények és értékelésük

### 4.1. Terepi mérési eredmények

A kutatómunkát az Anyag és módszer fejezetben taglalt, hat mintavételi helyen kezdtük meg 2023. november második felében, 2024. február és május közepén, valamint augusztus végén. Célként azt tűztük ki, hogy a saját adatok kiértékelésével térképezzük fel a termásvíz elvezetésének hatását a vizsgált vízfolyásra. A négy időpont alapján a mért vízminőségi paraméterek egyéves viszonylatban minden évszokról információval szolgálnak, amely nagyban segítséget nyújt az esetleges szezonális változások detektálására, szükség esetén a beavatkozásra. A **2. táblázat** az általános vízminőségi jellemzőkről ad tájékoztatást külön-külön mintavételi pontonként őszi-téli-tavaszi-nyári időszakokra lebontva.

A mért értékeket a 10/2010. (VIII.18.) VM rendelet szerint értékeltük. A rendelet 2. mellékletének

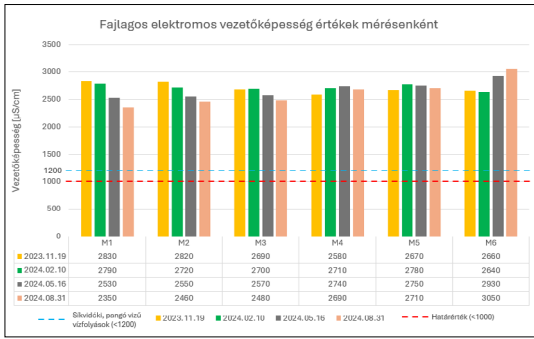
### 2. táblázat. Általános vízminőségi jellemzők a terepi vizsgálat során

Mérés időpontjai: 1.: 2023.11.19 2.: 2024.02.10. 3.: 2024.05.16. 4.: 2024.08.31	Minták						
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	
Hőmérséklet (T) [°C]	1.	18,60	14,60	10,60	8,00	9,60	7,00
	2.	22,90	20,90	14,50	11,80	12,20	10,80
	3.	29,30	28,30	25,40	22,60	21,50	20,40
	4.	33,60	33,20	30,40	27,50	27,30	26,60
Sótartalom (Sal) [g/l]	1.	1,50	1,40	1,30	1,30	1,30	1,30
	2.	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40	1,30
	3.	1,30	1,30	1,30	1,40	1,40	1,50
	4.	1,20	1,30	1,30	1,40	1,40	1,60
Összes oldott anyag mennyiség (TDS) [g/l]	1.	2,82	2,82	2,69	2,58	2,67	2,66
	2.	2,78	2,72	2,70	2,71	2,79	2,64
	3.	2,52	2,55	2,57	2,74	2,76	2,93
	4.	2,34	2,46	2,48	2,70	2,71	3,05

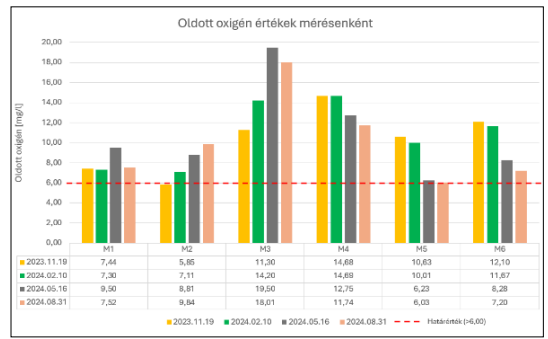
E oszlopában található a vizsgált vízfolyásra vonatkozó (síkvidéki, kisvízfolyások) határértékek.

A hőmérsékleti értékek vizsgálatánál megfigyelhető, hogy a késő őszi időszakban, amikor a külső levegő hőmérséklete 3,5 °C volt, az első bevezetési pontnál több mint 18 °C-ot lehetett mérni. A víz útja során a vizsgált tározókon keresztül ez az érték minden esetben az utolsó mintavételi pontig csökkenő tendenciát mutat, kivéve az őszi, illetve a téli mintavételezés során az M4 mintavételi helytől az M5 mintavételi pontig, ahol hőmérséklet-növekedés figyelhető meg, melynek oka, hogy a víz több mint 500 méteren keresztül egy zárt betoncsatornában áramlik a föld alatt, ahol képes felmelegedni. Az augusztusi mintavételezés idejében a víz több mint 30 °C-os hőmérsékletet mutatott (a külső levegő hőmérséklete 36 °C). Ebben az esetben az első mintavételi pont (M1) és a hatodik mintavételi pont (M6) között 7 °C hőmérséklet-csökkenés történt (33,60–26,60 °C), ami arra enged következtetni, hogy nem tud kellően visszahűlni a víztömeg, ezáltal komoly hőterhelést okoz a vízi ökoszisztémára.

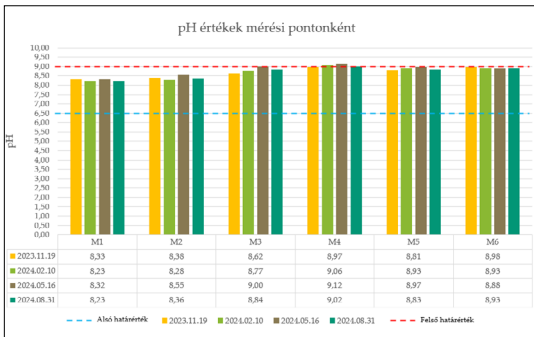
Az összes oldottanyag- és a mért fajlagos elektromosvezetőképesség-értékeket a **4. ábra** szemlélteti. A rendelet E oszlopában megadott határértékhez viszonyítva (< 1000 µS/cm) a vezetőképesség-értékekben kétszeres, olykor háromszoros túllépés tapasztalható. Az ábrán a kék szaggatott vonallal a rendeletben meghatározott legmagasabb határértékre a síkvidéki, pangó vizű vízfolyásokra vonatkozó határértéket (< 1200 µS/cm)



4. ábra. Fajlagos elektromos vezetőképesség-értékek



6. ábra. Oldott oxigén-értékek mintavételi pontonként



5. ábra. pH-értékek a terepi vizsgálat során

3. táblázat. Zavarosság és szerves szénformák vizsgálata

Mérés időpontjai: 1.: 2023.11.19 2.: 2024.02.10. 3.: 2024.05.16. 4.: 2024.08.31.	Minták						
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	
Zavarosság [NTU]	1.	0,84	1,08	6,78	9,93	10,69	89,85
	2.	1,01	0,97	15,46	20,20	20,22	46,60
	3.	6,07	12,60	19,74	14,19	9,81	172,81
	4.	1,93	2,16	20,45	20,47	20,21	111,14
Biológiai oxigénigény (BOI <sub>5</sub> ) [mg/l]	1.	2,00	2,00	10,00	20,00	20,00	10,00
	2.	22,00	9,00	11,00	11,00	17,00	19,00
	3.	5,00	7,00	11,00	8,00	5,00	6,00
	4.	7,00	1,00	15,00	9,00	10,00	6,00
Összes szerves széntartalom (TOC) [mg/l]	1.	11,72	11,31	11,15	11,06	11,04	13,19
	2.	12,05	11,30	10,46	11,07	12,57	18,34
	3.	14,45	12,06	13,11	15,07	14,60	23,36
	4.	14,25	11,77	12,98	15,91	16,03	24,06
Kémiai oxigénigény KOI [mg/l]	1	35,00	35,00	47,00	47,00	48,00	45,00
	2.	35,00	31,00	74,00	86,00	87,00	63,00
	3.	58,00	61,00	99,00	73,00	72,00	88,00
	4.	41,00	42,00	67,00	78,00	53,00	66,00

is feltüntetettük, amelyet a mért adatok szintén legalább kétszeresen túllépnek.

A mért pH-értékek (5. ábra) a tavaszi, illetve nyári mérések során közelítették a felső határértéket, a többi esetben a megfelelő (6,50-9,00) tartományban mozogtak.

Az oldottoxigén-értékek (6. ábra) közül egyedül a második mintavételi ponton (M2), a sárgával jelölt őszi mintavételezésnél kapott érték volt határérték alatt (5,85 mg/l), általánosan a koncentrációértékek megfelelőek voltak. A harmadik mintavételi ponton (M3) feltehetőleg azért láthatunk kiugrásokat, mert ez a mintavételi pont van helyileg legközelebb a vízfelszíni levegőztetőberendezéshez.

## 4.2. Laboratóriumi vizsgálati eredmények

### 4.2.1. Általános vízminőségi jellemzők értéklése

A 3. táblázat a laboratóriumban elemzésre kerülő, általános vízminőségi paraméterekre kapott értékeket illusztrálja. A zavarosságértékek a februári, valamint augusztusi időszakban általában magasabb értéket mutattak, mint a többi mintavételezés során, azonban a hatodik mintavételi ponton (M6) májusban kiugróan magas értéket mértünk (172,81 NTU). Az eltéréseket a nagyobb mennyiségben jelen lévő, lebegő szerves és szervesetlen anyagok, továbbá planktonok és mikroorganizmusok nagyobb hányada okozhatta. A zavarosság mértéke közvetlenül nem határozza meg a vízben levő lebegő anyagok valós mennyiségét, azonban tájékoztató információt szolgáltat ezen anyagok jelenlétéről. Az oldott szervesanyag-tartalom (TOC) 10,46–24,06 mg/l között változott. A vizsgálatokban a BOI-értékek zömében alacsonyabbnak bizonyultak, mint a TOC- és KOI-értékek, ami azt mutatja, hogy a szerves szennyezőanyagok egy része biológiailag nem bontható.

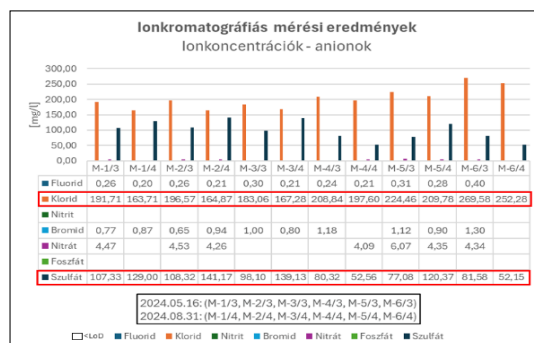
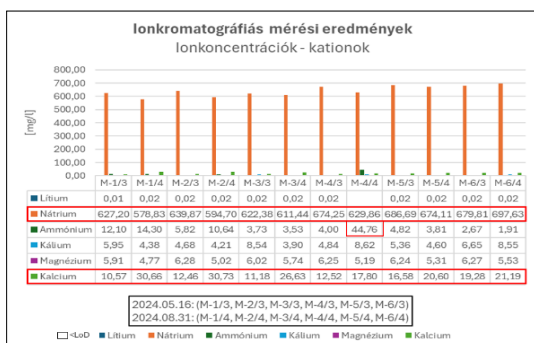
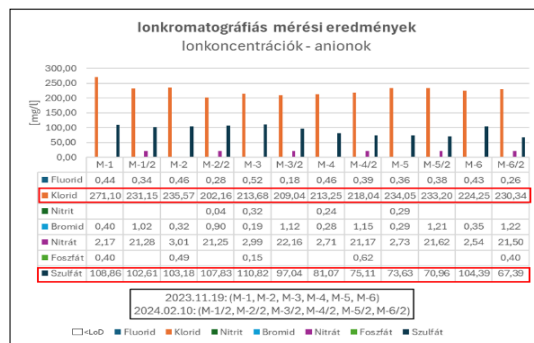
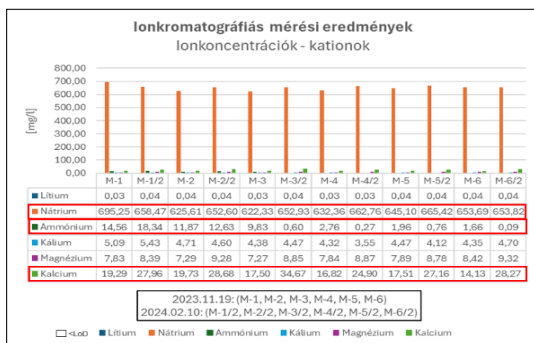
4. táblázat. Lúgosságértékek és szervesetlen szénformák bemutatása

Mérés időpontjai: 1.: 2023.11.19. 2.: 2024.02.10. 3.: 2024.05.16. 4.: 2024.08.31.	Minták						
	MI	M2	M3	M4	M5	M6	
Szabad lúgosság (p') [mmol/l]	1.	0,46	0,46	0,79	0,94	0,81	1,65
	2.	0,70	0,70	1,44	1,37	1,02	1,19
	3.	0,69	0,88	2,67	2,60	1,84	1,72
	4.	0,39	0,90	1,94	2,33	1,01	2,05
Összes lúgosság (m') [mmol/l]	1.	20,68	20,66	20,07	20,15	20,20	20,15
	2.	20,50	20,55	20,57	21,47	21,32	20,52
	3.	19,41	19,50	19,77	21,49	21,42	22,91
	4.	18,39	19,18	19,18	21,18	20,95	24,13
Összes szervesetlen széntartalom (TIC) [mg/l]	1.	277,50	278,20	268,80	260,80	250,60	258,40
	2.	263,90	262,30	251,40	258,20	262,50	243,00
	3.	251,40	247,60	241,60	259,70	221,10	281,90
	4.	212,30	219,10	215,30	227,60	240,30	266,10
Hidroxil-ion [mmol/l]	1.	0	0	0	0	0	0
	2.	0	0	0	0	0	0
	3.	0	0	0	0	0	0
	4.	0	0	0	0	0	0
Karbonát-ion [mmol/l]	1.	0,91	0,91	1,57	1,88	1,62	3,30
	2.	1,39	1,39	2,84	2,74	2,04	2,39
	3.	1,37	1,77	5,35	5,20	3,68	3,43
	4.	0,78	1,80	3,87	4,66	2,03	4,10
Hidrogén-karbonátion [mmol/l]	1.	19,77	19,74	18,50	18,27	18,57	16,85
	2.	19,11	19,16	17,74	18,73	19,28	18,14
	3.	18,03	17,74	14,43	16,29	17,74	19,48
	4.	17,61	17,38	15,31	16,53	18,92	20,03

A 4. táblázat a titrimetriás módszerrel mért szabad- és összeslúgosság-értékeket prezentálja a vizsgált pontokon, melyek jól korrelálnak az összes szervesszéntartalom- (TIC) értékekkel. A vonatkozó szabvány [9] alapján számítással meghatározásra került a táblázatban feltüntetett anionok mennyisége, melyek esetében a hidrogén-karbonát koncentrációja volt kirívóan nagy, jelezve a használt termásvíz hidrogén-karbonátos jellegét. A szervesetlen szénformák közül a karbonát-ionok mennyisége az M3-M4 pontokon mutatott magasabb értékeket, míg pl. hidroxil-ion nem volt kimutatható mennyiségben jelen a mintákban.

4.2.2. Ionkromatográfias elemzések értékelése

A laboratóriumi vizsgálatok alkalmával ionkromatográfias méréseket is végeztünk, ahol 6 kation (lítium, nátrium, ammónium, kálium, magnézium, kalcium) és 7 anion (fluorid, klorid, bromid, nitrit, nitrát, foszfát, szulfát) koncentrációját sikerült nyomon követni. A 7. ábra a kationok mennyiségét demonstrálja, melyek alapján domináns ionként a nátrium-, kalcium- és ammóniumionok nevezhetők meg, amelyeket pirossal is bekereteztünk. A nátriumionok mennyisége minden alkalommal egységesen meghaladja a 570,00 mg/l-t. Az ammóniumion-értékek az első és második



7. ábra. Kationkoncentrációk mérési pontonként

8. ábra. Anionkoncentrációk mérési pontonként

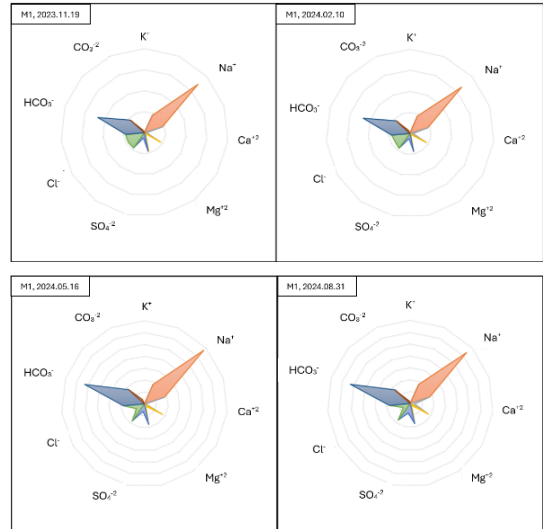
mintavételi pontoknál (M1, M2) magasabbak, valamint az augusztusi mérés negyedik mintavételi pontjánál jelentkezik kiugrás (44,76 mg/l). Ezek mellett a magnézium- és a káliumion-koncentráció is meghatározó. Lítiumion nagyon kis mennyiségben, de kimutatható volt a vizekben.

A 8. ábra az ionkromatográfiásan mért anion-koncentrációkat összegzi. A hét anion közül a klorid, illetve szulfátionok bizonyultak dominánsnak. A N- és P-formák mint tápanyagformák közül a nitrátion koncentrációja mutat szignifikáns változásokat, elsősorban télen, amikor a nitrifikáció határfoka alacsonyabb. A nitrition nem volt kimutatható a vizekben.

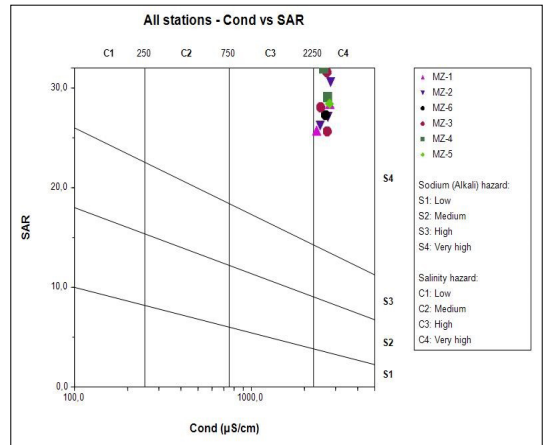
A természetes vizek kémiai jellegét főként a vízben oldott sók döntő hányadát képviselő nyolc ion, az ún. makroionok (négy kation: Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>; illetve négy anion: CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, Cl<sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>) határozzák meg. A nátrium és káliumionok az alkálifémek csoportjába tartoznak, jól oldódnak vízben. A mért adatok az ún. Maucha-féle csillagábra segítségével is kiértékelésre kerültek, hogy a vizek jellegéről vizuálisan is jól összehasonlítható tapasztalataink legyenek. A csillagdiagramokon nyolc makroion mennyisége egyenérték-százalékban van kifejezve. Az ábránál használt kör sugara arányos a víz összion-koncentrációjával. Azokat az ionokat, melyek mennyisége meghaladja a 30 egyenérték-százalékot, a víz típusát meghatározó uralkodó kationnak, illetve anionnak nevezik [10].

A 9. ábra az első mintavételi ponton mért eredményeket hasonlítja össze az esetenkénti szezonális változások szemléltetéséhez. A csillagdiagram alapján egyértelműen látszik a vizsgált vizek nátrium-hidrogén karbonátos jellege.

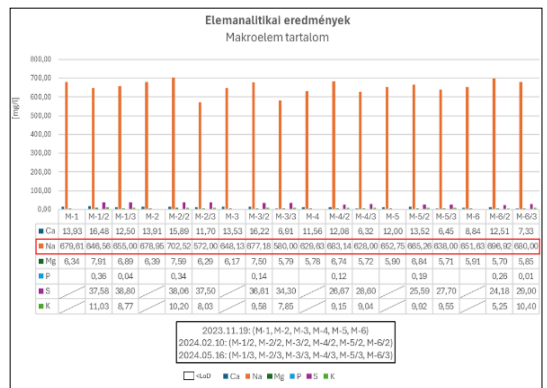
A mért adatok alapján további következtetéseket vonhatunk le az ún. Wilcox-diagram alapján, amely segítségével jellemezni lehet a víz öntözési célú használhatóságát. Az értékek logaritmikusan vannak megadva. Az y tengelyen az ún. nátriumveszély (nátriumadszorpció arány – SAR), az x tengelyen a sótartalomveszély mint elektromos vezetőképesség (µS/cm) van feltüntetve. A SAR-, valamint sótartalmi részt négy zónára lehet osztani (alacsony, közepes, magas, nagyon magas), ennek segítségével lehet besorolni a vizsgálandó vizet. Az AquaChem szoftver segítségével felvett Wilcox-diagramon megfigyelhető, hogy minden esetben a negyedik „nagyon magas” zónába sorolható a vizsgált használt termásvíz (10. ábra), miszerint nem javasolt a további öntözési célú felhasználása [11].



9. ábra. Első mintavételi ponton mért eredmények csillagábrázolása



10. ábra. Wilcox-féle besorolás a mért nyári értékek alapján



11. ábra. Makroelem-összetétel ICP-OES-módszerrel



egy félig átteresztő membránon keresztül a töményebb oldatból a szennyezett, hígabb oldat felé. Ez a tisztítási technológia minden egyéb módszerénél hatékonyabb, hiszen a membrán tulajdonságaiból adódóan a szűrő eltávolítja a baktériumoknál ezerszer kisebb szennyeződések is [3].

Magyarországon kevés helyen alkalmazzák ezt a módszert. Az egyik ilyen rendszer Berekfürdő szomszédságában, Karcagon, a Nagykun Vízmű üzemeltetésében működik. A kezelendő hulladékvíz egy zárt medencébe kerül, amelybe membránkazetták merülnek. A kazetta egy olyan szerkezet, ahol a fejegységhez sok száz vékony membráncső csatlakozik (13. ábra). A víz kívülről áramlik a vékony kapilláris csőbe, ahonnan a tisztított víz a fejen keresztül távozik [3].

A felszíni vizek védelme érdekében fontos tényező lehet a szomszédos települési szennyvíztisztító telepek korszerűsítése. A berekfürdői szennyvíztisztító telepet 1985-ben létesítették. „A tisztítási technológia átfolyós, felületi levegőztetéssel ellátott oxidációs árkos technológia, amiről kijelenthető, hogy a telep nem korszerű (70-es évek). A technológia határfoka a jelenleg korszerűnek tekintett mélylevegőztetéssel ellátott üzemekhez képest jelentősen elmarad, azaz a mai kor igényeinek már nem tud megfelelni. A berekfürdői üze- mi technológiához hasonló telepek jellemzően szisztematikusan leállításra és kiváltásra kerültek az utóbbi évtizedben, helyettük korszerűbb technológiákat üzemeltet be.” [12] Az elmúlt években az ÖLA (összes lebegőanyag), BOI<sub>5</sub> és KOI tekintetében történt határérték-túllépés, mely minden esetben bírságot vont maga után [12].

Azaz a felszíni vizek védelme kapcsán kiemel- ten fontos a használt termálvizek elhelyezésének

rendszeres monitorozása, mely érdemi információkat nyújt az elhelyezésre kerülő víz esetleges minőségi változásairól, a kapcsolódó ökosziszté- mák állapotáról és a szükséges beavatkozások el- végzése céljából is kiemelt szerephez jut.

### Szakirodalmi hivatkozások

- [1] T. Hárs: *A termálvizek környezetterhelési és gaz- dasági hatásai*. Biológiai Tudományi Doktori Is- kola, Budapest, 2006.
- [2] J. Szanyi, M. Kurunczi, B. Kóbor, T. Medgyes: *Kor- szerű technológiák a termálvíz visszasajtolásá- ban*. Szeged, InnoGeo, 2013.
- [3] I. Bodnár, S. Fórián: *A termálvíz kitermelése és környezetvédelmi vonatkozásai*. Debreceni Egye- tem, AMTC–Műszaki Kar, 2009.
- [4] J. Padisák: *Általános limnológia*. ELTE Eötvös Ki- adó, 2005.
- [5] J. Gál: *Balneotechnika*. Kézirat, Berekfürdő, 2008.
- [6] B. P. Kft., Közép-Tisza-vidéki Vízügyi Igazgatóság, *Vízkezelés-gazdálkodás*. <https://www.kotivizig.hu/kozep-tisza-videki/vizgazdalkodas-vizszolgaltatas/vizkeszlet-gazdalkodas>
- [7] *Vízgyűjtő-gazdálkodási Terv 1-3. melléklet*. Buda- pest, 2021.
- [8] V-g. Terv, 1-2. melléklet Felszíni víztest típusok referencia jellemzői, 2021.
- [9] MSZ 448-21:1986 szabvány.
- [10] S. Balácsi, S. Fórián: *Tisztított szennyvíz beveze- tés hatása a Kakat-ér vízminőségére*. Debreceni Egyetem, Műszaki Kar, Környezet-és Vegyész- mérnöki Tanszék, Debrecen, 2011.
- [11] *AquaChem 10.0 Water Quality Analysis Software*. Waterloo Hydrogeologic, Canada, 2021.
- [12] J. dr. Rákosi, T. Bertli, T. Lászl, T. Parádi: *Mentes- ségi vizsgálat az időszakos vízfolyásokra*. Buda- pest, 2021.