

VÁROSI TAVAK KÖRNYEZETI ÁLLAPOTÉRTÉKELÉSE SZEGED PÉLDÁJÁN

BABCSÁNYI Izabella¹, BODOR Dezső², SIPOS György¹, FARSANG Andrea¹

¹Szegedi Tudományegyetem, Természeti Földrajzi és Geoinformatikai Tanszék
6722 Szeged, Egyetem utca 2-6. e-mail: babcsani@geo.u-szeged.hu, gysipos@geo.u-szeged.hu, farsang@geo.u-szeged.hu

²Szegedi Vízmű Zrt.
6720 Szeged, Tisza Lajos krt. 88. e-mail: bodor@szegedivizmu.hu

Kulcsszavak: eutrofizáció, nehézfém, üledék, vízminőség, tápanyag, szennyezés

Összefoglalás: Szeged belterületén 15 kisebb-nagyobb tó található. Némelyek természetes eredetű vízjárta helyek, mások a XIX. század végén mélyített kubikgödrök, vannak azonban közöttük bányatavak és holtágak is. Öt szegedi tónak vizsgáltuk a környezeti állapotát, melyek közül a Bika-tó természetes eredetű, a Méntelepi Fehér-tó és a Búvár-tó sekély kubikgödrök (<3 m), a Csemegi-tó és a Sancer-tó mélyebb bányatavak (>10 m). Ezek közül három tóban vizsgáltuk évente megismételt vízmintákon (2009 és 2017 között) a víztér oldott oxigén-tartalmát, kémiai oxigén igényét (az oldott szerves anyagot), továbbá az oldott nitrogénformákat (nitrát, nitrit, ammónium) és az ortofoszfát-koncentrációt. A Sancer-, a Búvár- és a Bika-tavakban történt üledékmintavétel nehézfém-analízis céljából. A vizsgált városi tavakban jelentős a víztér szervesanyag- és N-, P-tápanyagterhelése. Vízminőségi adatok alapján megállapítható, hogy a tavak ammónium- és nitrát-koncentrációi némileg csökkenő tendenciát mutatnak az utóbbi években, amely összefügghet a tisztítatlan szennyvízbevezetések vélt csökkenésével. A város csaknem teljes csatornázottsága 2006-ra épült ki Szegeden, azonban a csatornákból szivárgó szennyvíz és a lassan regenerálódó szennyezett talajvíz továbbra is terhelheti a tavakat. Az oldott foszfát-koncentrációk azonban továbbra is magasabb értékeket mutatnak egyes tavakban, amely a korábban az üledékekben felhalmozott P kioldódásából adódhat. Ez történhet az üledékek szerves anyagainak lebomlásával, különösen anaerob állapot fellépése esetén. Az üledékvizsgálatok alapján megállapítható, hogy egyes jellemzően közlekedési eredetű nehézfémek (Cu, Zn, Pb) kisebb mértékű dúsulást mutatnak a felszíni üledékrétegekben a forgalmas utak mentén elhelyezkedő tavakban. Azonban egy nehézfém dúsulása sem éri el a jogszabályban lefektetett szennyezettségi határértékeket. Összességében megállapítható, hogy a vizsgált szegedi tavakat magas trofitási fok jellemez, amely a tavak külső és belső tápanyagterheléséből és a vizük frissülésének hiányából adódhat.

Bevezetés

Az emberiség az ókor óta hasznosítja a lakott területeken elterülő tavakat és vizes élőhelyeket esővíztározásra, illetve egyéb háztartási és mezőgazdasági célokra. A vízfelületek jelentősen javíthatják a városlakók életminőségét azáltal, hogy esztétikai és rekreációs élményt nyújtanak a környék lakói számára, továbbá a városi klímát is kedvezően befolyásolják. A városi ökológiai rendszer fontos részét képezik ezek a vízfelületek. Az épített környezetben található tavak minőségére és ökoszisztémájára azonban jelentősebb antropogén nyomás nehezedhet, mint a természetes környezetben található vizes élőhelyekre. A városi tavakra jellemző, hogy szennyvizek és egyéb antropogén szennyeződések terhelhetik őket, ezért fokozottan veszélyeztetett ökoszisztémák (Naselli-Flores 2008). Az emberi beavatkozásnak köszönhetően a városi talajok is (amelyek közvetlen kapcsolatban állnak a tavakkal) sokszor jelentősen megváltozott fizikai, kémiai és biológiai tulajdonságokkal rendelkeznek a természetes talajokhoz viszonyítva (Puskás et al. 2007, 2008). A városi környezet sokrétű antropogén hatásain túl, a klímaváltozás további kihívások elé állítja a tavi ökoszisztémákat és azok vízminőségére is vélhetően hatással van (Szilágyi és Somlyódi 1991). Ezért fontos a városi tavak környezeti állapotfelmérésére és a vízminőség védelmére hangsúlyt fektetni.

Szeged városképét meghatározzák a felszíni vizek, ugyanis 15 kisebb-nagyobb tó található a város területén. Vannak közöttük természetes eredetű vízjárta helyek, holtágak, bányatavak és kubikgödrök. Jelenleg a tavak többsége elszigetelten fekszik a városi környezetben. A szegedi

tavak többségét bel- és esővíztározásra használják, vannak azonban horgászati és rekreációs célokra hasznosított tavak is. A szegedi tavak elsődleges funkciója a vízkárelhárítás, ezért a tavakat kezelő Szegedi Vízmű Zrt. csak állapotfenntartást végez a tavakon nádvagással, évenkénti vízminőség-ellenőrzésekkel. A nagyobb mértékű emberi használat céljából szükség lenne a tavak környezetének rendezésére és adott esetben a tavak rehabilitációjára (iszapkotrás, part- és mederrendezés), ehhez azonban szükséges felmérni azok állapotát.

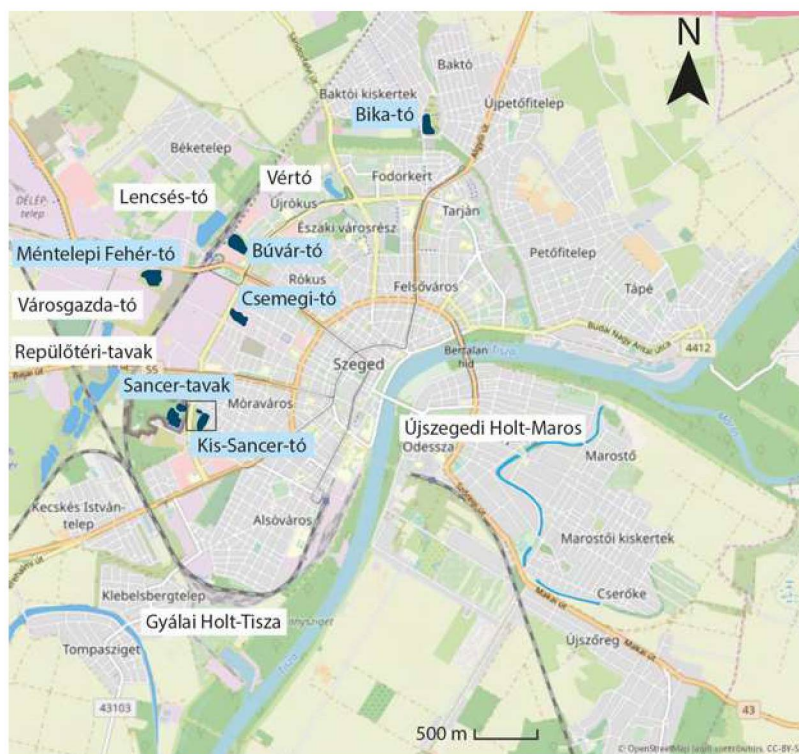
A tavak környezeti állapotára ható potenciális szennyezőforrások városi környezetben i) a nem vízáteresztő felszínről lefolyó esővíz által beszivárgó szennyezések, különösen egyes nehézfémek esetében, ii) a légkörből kiülepedő porok által a tavakat terhelő szennyezések, iii) a felszín alatti talajvízzel bejutó szennyezések, iv) a tisztítatlan szennyvíz bevezetéséből adódó terhelés és egyéb illegális hulladék bekerülése a víztérbe (Mahler et al. 2009). A szennyezéseken felül vizsgálni kell a tavak feliszapolódásának mértékét is, amelyet jelentősen felgyorsíthatnak a tavakba kerülő antropogén eredetű tápanyagok (eutrofizáció). A tavak természetes eutrofizálódásának, "előregedésének" lassú ütemét az emberi tevékenység, a közvetve vagy közvetlenül a víztérbe kerülő szennyező anyagok, tápanyagok jelentős mértékben felgyorsíthatják, amely megnehezíti a városi tavak kezelését (Birch és McCaskie 1999). A tápanyagok mennyisége meghatározza a szén- és energiaáramlást a magasabb trofikus szintek (fitoplankton, zooplankton, makroszkópikus gerinctelenek, planktonevő halak, ragadozó halak) felé. A talajvízzel, csapadékkal és egyéb úton a víztérbe kerülő növényi tápanyagok (N és P vegyületek) az algák vagy egyes hínárfajok túlszaporodását idézhetik elő. Az algák túlbujánzása jelentősen rontja a víztér fényviszonyait, amely a halak életkörülményeit is negatívan befolyásolja. A tápanyagok származhatnak belső és/vagy külső forrásokból.

Napjaink legfontosabb szerves, perzisztens szennyezői közé tartoznak a nehézfémek. Városi környezetben a nehézfém-szennyezők több forrásból is eredhetnek, melyek jellemzően ipari, közlekedési, valamint a fűtési szezonban a tüzelőanyagok égetéséből is származhatnak. Szegeden a közlekedési eredetű fémszennyezés jellemző (Csányi 2017). A jelen tanulmány célja a városi környezet felszíni vizekre gyakorolt hatásának vizsgálata. Ennek keretében a szegedi tavak közül a Csemegi-tóban és a Méntelepi Fehér-tóban vízminőség-vizsgálatokra, a Sancer-tóban és a Búvár-tóban üledékvizsgálatokra, a Bika-tó esetében pedig víz- és üledékvizsgálatokra alapozva elemeztük a városi tavak környezeti állapotát.

Anyag és módszer

A jelen tanulmány keretében három szegedi tóban vizsgáltuk a tavak vízminőségét: egy mélyebb bányatóban (Csemegi-tó), egy természetes keletkezésű sekélyebb, részben elmocsarasodott tóban (Bika-tó) és egy szintén sekélyebb vízmélységgel rendelkező kubikgödörben (Méntelepi Fehér-tó) (1. ábra). A tanulmány másik célkitűzése a közlekedési eredetű légszennyezés tavakra gyakorolt hatásának vizsgálata volt, amelynek keretében kiválasztottunk két, forgalmas utak közvetlen közelében elhelyezkedő tavat (Sancer-tavak, Búvár-tó) és egy, azoktól távolabb eső tavat (Bika-tó). A Csemegi-tó és az üledékvizsgálatoknak alávetett Sancer-tavak korábbi téglagyári anyagkinyerő helyeken jöttek létre, a Bika-tó természetes keletkezésű vízjárta hely, míg a Méntelepi Fehér-tó és a Búvár-tó a Szeged várost körbeölelő töltés építéskor kimélyített kubikgödör (a XIX. század végén). A Sancer-tavak a bányaművelés 1957-es felhagyását követően jöttek létre, amely során a bányagödörket fokozatosan elöntötte a víz. A Sancer-tavakat öt közvetlenül vagy a talajvíz révén közvetve összeköttetésben álló tó alkotja, amelyek mélysége 3-12 m, de helyenként a 30 m-t is eléri. A tavak teljes vízfelülete 6,7 ha. Elmondások alapján a múltban több szennyezés is érte a tavakat (illegális hulladék-lerakások). A Búvár-tó előzménye már az I. Katonai Felmérés térképén (Magyarország Első Katonai Felmérés, 1782-1785) is látható több

kisebb gödör formájában. Téglavető név alatt szerepel egy későbbi katonai térképen (Magyar Királyság Második Katonai Felmérés, 1819-1869), a körtöltés építéskor pedig nagy valószínűséggel tovább mélyítették. A korábban nagy kiterjedésű tavat a vasúti töltés, majd a közelmúltban egy bevásárlóközpont építéskor jelentős részben feltöltötték. A tó jelenkori területe 3,1 ha, amelynek 48%-a nádas. A Bika-tó egy természetes keletkezésű vízjárta hely, melynek nyílt vízfelülete kicsi (0,5 ha) a tó teljes kiterjedéséhez képest (6,8 ha), ugyanis jelentős részét nádas nőtte be. A Bika-tó, a többi vizsgálatba bevont tóval ellentétben egy kertvárosias-kiskertes városrészben helyezkedik el, távol a forgalmas utaktól. A Csemegi-tó (1,8 ha) egykori bányagödör vízelöntése következtében jött létre, míg a Méntelepi Fehér-tó a szegedi körtöltés építéskor keletkezett kubikgödör elöntése által keletkezett. Az utóbbi, egy sekély tó, melynek jelentős részét nádas borítja, hiszen a tó teljes 5,6 ha-os területéből csupán 1,4 ha a nyílt vízfelület. A tavak pleisztocén infúziós lösz, löszös agyag alapkőzeten jöttek létre (Kaszab 1987). A vizsgált tavak elsődleges funkciója vízkárelhárítás (bel- és esővíztározás), azonban a Sancer-tavakat használják még horgászati célra, a Búvár-tó közvetlen környezete pedig rekreációs lehetőségeknek is teret ad.



1. ábra A szegedi tavak áttekintő térképe, amelyen a vizsgált tavakat sötétebb árnyalattal emeltük ki
 Figure 1. The map of urban lakes in Szeged (the studied lakes are highlighted in a darker shade)

Évente tavasszal vagy a koranyári időszakban történik vízmintavétel a Szegedi Vízmű Zrt. kezelésében álló szegedi tavakból. A vízminőség-ellenőrzés céljából történő évenként megismételt akkreditált mintavétel során, a Vízmű munkatársai egy-egy minta/tó gyűjtését végzik 30 cm mélységben a vízfelszín alatt. A vízmintákat a tápanyag-analíziseket megelőzően 0,45 µm-es papírszűrőn átszűrik. A vízmintákon pH-mérést (MSZ 1484-22:2009), fajlagos vezetőképesség-mérést (MSZ EN 27888:1998), ammónium-analízist (MSZ EN ISO 11732:2005), nitrátnitrogén-mérést (MSZ EN ISO 13395:1999), ortofoszfátfoszformeghatározást (MSZ EN ISO 6878:2004), permanganátos kémiai oxigénigény-mérést (MSZ 448-20:1990) és oldottoxigén-meghatározást (MSZ 260/15-67) végeznek.

A Sancer-tavakból és a Búvár-tóból három-három pontban a parthoz közel vettünk üledékmintákat 2007-ben és 2008-ban az üledék felső 10 cm-es rétegéből (Kurucz 2008). A

Bika-tó esetében, valamint a Sancer-tavak körúton belül eső részéből (Kis-Sancer-tó) a tavak közepéből egy-egy furatmintát vettünk 2018-ban és vizsgáltuk a fémek feldúsulását a felső 0-10 cm-es rétegekben a 50-60 cm-es mélységhez képest. Az üledékmintákat 45°C-os szárítást követően mozsárban vagy golyós malomban finom porrá őröltük, majd királyvizes feltárást követően ICP-OES (induktív csatolású plazma – optikai emissziós spektrométer, Perkin Elmer Optima 7000DV, $\pm 10\%$) műszerrel mértük a nehézfém-koncentrációkat.

Eredmények és megvitatásuk

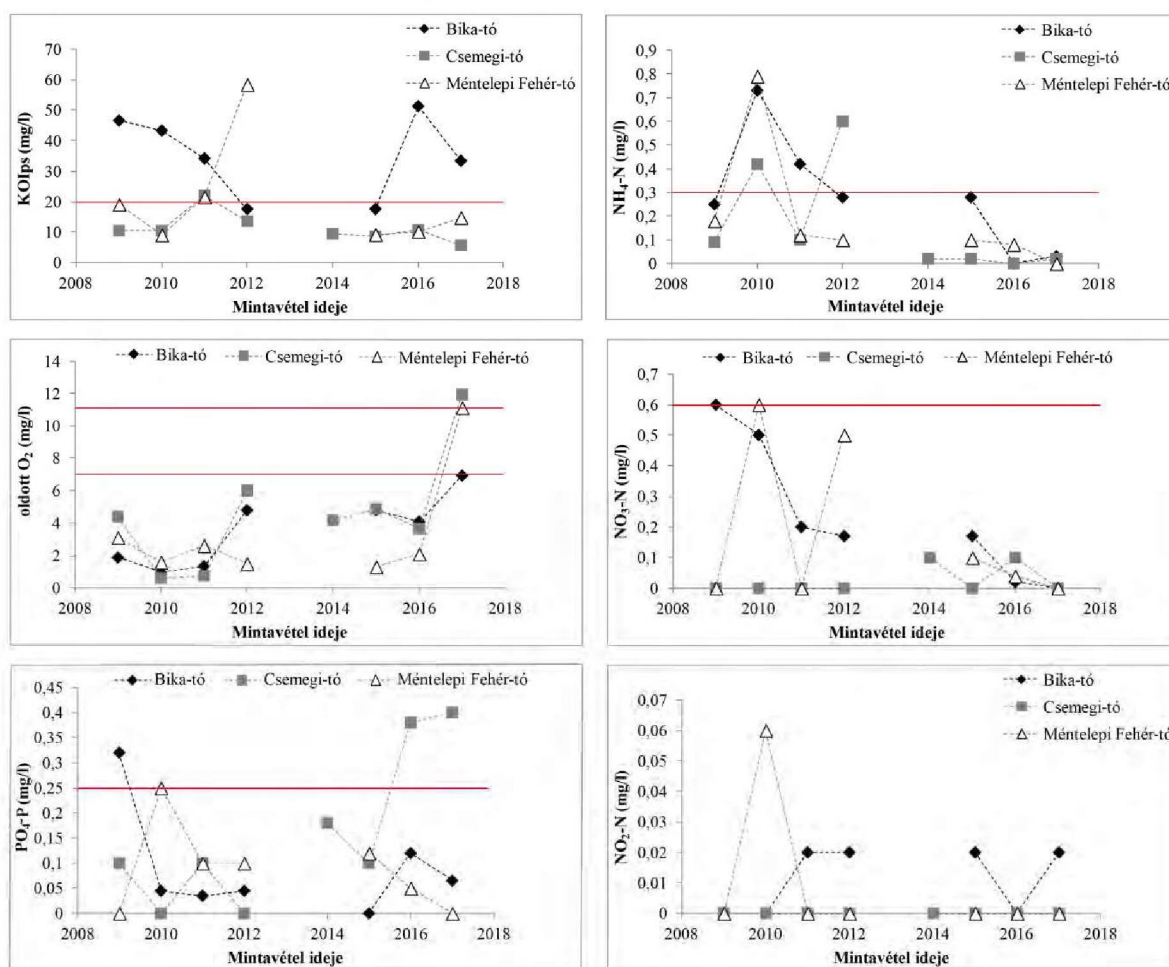
Tápanyagterhelés

A tavak szervesanyag-, P és N-tápanyag háztartását fontos elsősorban meghatározni, amikor a tavak eutrofizációját vizsgáljuk. Az eutrofizációban kulcsszerepet tölt be a foszfor, amely a tavakba kerülve végső soron az üledékekben akkumulálódik és könnyen visszakerülhet a víztérbe anaerob állapot fellépése esetén. A felszíni vizek ökológiai állapotát befolyásoló vízminőségi határértékeket a 10/2010. (VIII. 18.) VM rendelet 2. és 3. melléklete tartalmazza. A jogszabályban megadott határértékek a 31/2004. (XII.) KvVM rendeletben meghatározott természetes állóvíztípusokra érvényesek. Az általunk vizsgált városi tavak nem tartoznak a rendelet hatálya alá, ezért a 10/2010. (VIII. 18.) VM rendeletben szereplő környezetminőségi határértékeket csak tájékoztató jelleggel szerepeltetjük a 2. ábrán, amelyen a tavak vízminőségének évenkénti állapotfelmérése során mért vízminőségi adatokat mutatjuk be.

A tavak pH-ja időben széles tartományban mozog (7,4 és 9,9-es értékek között), semleges, enyhén lúgos, lúgos pH egyaránt előfordul mindegyik általunk vizsgált tóban. A mért pH értékek egy kivételével a 10/2010. (VIII.) VM rendeletben a felszíni vizekre meghatározott 6,0-9,2 tartományban találhatók. A Bika-tó pH-ja $8,3 \pm 0,6$, a Csemegi-tóban $8,3 \pm 0,7$ a víz kémhatása, míg a Méntelepi Fehér-tóban $8,5 \pm 1,5$. A Méntelepi Fehér-tó vizének 2017-ben mért pH-ja magasabb volt (9,9) a rendeletben szereplő értékeknél, viszont a korábbi években a 7,4 és 9,0 között mozgott. A víz bázikus kémhatása (jellemzően $\text{pH} > 8,3$), a víz CO_3^{2-} , OH^- ionjainak, vagy szerves bázisoknak tudható be. Az anaerob körülmények között lejátszódó biológiai szulfát-redukció is bázikus irányba tolja el a vizek kémhatását (Whitworth et al. 2014). Az oldott oxigén-koncentrációk a tavak nem megfelelő oxigén-ellátottságát jelzik (2. ábra). A 2017-ben mért oldott oxigén értékeket leszámítva a tavakban mért oldott oxigén-koncentrációk nagyon alacsonyak ($< 5 \text{ mg/l}$). Az oxigénhiány gátolja az aerob biológiai folyamatokat és a magasabb rendű élőlények életkörülményeit is jelentősen nehezíti (pl. a pisztráng 5 mg/l , míg a ponty 4 mg/l vagy a feletti oxigéntartalmat igényel) (Rácz 2011). A tavak oldott oxigén-koncentrációi általában nagy szezonális ingadozást mutatnak, ugyanis a víz hőmérséklet emelkedésével csökken az oxigén oldhatósága a vízben és ezáltal nyáron jellemzően kisebb a víztér oldott oxigén-koncentrációja. Tovább csökkent a víztér oxigéntartalmát az aerob mikroorganizmusok oxigén-légzése is, amely nyáron a magasabb hőmérséklet hatására megnövekedett biológiai aktivitás miatt fokozottabb. Ezért az oldott oxigén-koncentráció méréseket érdemes lenne a Vízmű munkatársainak évszakonként megismételni. A nagy szervesanyag-tartalmú vagy nagy sókoncentrációjú tavakban jellemző a kevés oldott oxigén.

A Bika-tóban és a Méntelepi Fehér-tóban mértünk határértéket meghaladó elektromos vezetőképességet ($\geq 1500 \text{ } \mu\text{S/cm}$). A Bika-tóban a magas oldott szervesanyag-tartalom okozhatja a jelentős vezetőképességet (2. ábra). A Méntelepi Fehér-tóban szintén adódhat a magas szervesanyag-koncentrációból a víz határértéken felüli vezetőképessége. A permanganátos kémiai oxigénigény (KOIps) értékeket a felszíni vizek minősítésére vonatkozó MSZ 12749 :1993-as szabványban megadott értékekhez viszonyítottuk. A szabványban 20 mg/l -t meghaladó KOIps az erősen szennyezett osztályba sorolja a felszíni vizeket. Így a Bika-tó erősen szennyezett tónak minősül, míg a Méntelepi Fehér-tó a tűrhető és a

szennyezett kategóriák határán (15 mg/l) fekszik (2. ábra). A víztér magas oldott szervesanyag-tartalma eutrofizációra utaló jel. A vizsgált tavak magas szervesanyag-tartalma származhat belső szervesanyag-terhelésből, továbbá külső antropogén forrásból a víztérbe kerülő szerves anyagokból is (szennyezett talajvíz, talajszemcsék, kiülepedő porok). A két sekély tó jelentős részét nád borítja, amely belső szervesanyag-terhelésként jelenik meg bennük, hiszen az elhalt növényi részek lebomlásukat követően beoldódnak a víztérbe hasonlóan a Kis-Balatonban tapasztalt folyamatokhoz (V.-Balogh et al. 1999). Szerves anyagoknál belső terhelésként jelentkeznek az elhalt vízi növények dekompozíciója. A belső terhelésből adódóan a tápanyagok külső forrásainak megszűnése után is sokáig fennmarad a tavak eutróf állapota. Külső eredetű szerves anyag kerülhet a tavakba illegális szennyvíz-bevezetések, illetve a környező területekről és a szálló porokból bemosódó szerves anyag révén. Szeged város csaknem teljes csatornázottságából kifolyólag tisztítatlan szennyvízbevezetésekől származó külső tápanyagterhelések vélhetően már nem számottevőek a szegedi tavakban. Azonban a szennyvízcsatornák szivárgásából adódóan és a szennyezett felszín alatti vizek útján továbbra is érheti a tavakat külső eredetű tápanyagterhelés.



2. ábra A Bika-, a Csemegi- és a Méntelepi Fehér-tavak vízminősége 2009 és 2017 között (Redenczki 2017). A piros vonalak jelzik a vízminőségi határértékeket a 10/2010. (VIII. 18.) rendelet alapján. A permanganátos kémiai oxigénigénynél (KOI) a piros vonal a MSZ 12749 :1993-as szabványban megadott erősen szennyezett osztályba sorolás KOI értékét jelöli

Figure 2. The water quality of the Bika, Csemegi and the Méntelepi Fehér Lakes from 2009 to 2017 (Redenczki 2017). The red lines stand for quality guidelines as defined in the decree of 10/2010 (VIII. 18.). For the chemical oxygen demand (abbreviated as KOIps) the red line indicates the threshold for extremely polluted category as defined by the Hungarian standard MSZ 12749:1993

Az N- és P-formák közül az ammónium-nitrogént ($\text{NH}_4\text{-N}$), a nitrit-nitrogént ($\text{NO}_2\text{-N}$), a nitrát-nitrogént ($\text{NO}_3\text{-N}$) és az ortofoszfát-foszfort ($\text{PO}_4\text{-P}$) vizsgáltuk három tó vízterében. Az N-formák közül az $\text{NH}_4\text{-N}$ koncentrációk mutattak 2014 előtt a környezetminőségi határértéket jelentősen meghaladó értékeket ($\geq 0,3 \text{ mg/l}$) (2. ábra). Az utóbbi években azonban határérték alatti ($0,3 \text{ mg/L}$) ammónium-koncentrációt mértünk a vizsgált tavakban, amely javuló vízminőséget feltételez. Az ammónium a szerves nitrogén bomlásterméke, ezért legfőbb forrása a szerves anyag bomlása, továbbá a szennyvíz talajvízbe/tavakba szivárgása. A talajvíz mélysége 2-4 m között ingadozik Szeged belterületén (Fejes 2014). A tavak vélhetően kapcsolatban állnak a talajvízzel. Egy korábbi tanulmány alapján a város csatornázatlan külterületein a talajvízben jelentős az ammónium-terhelés a szikkasztók, emésztőgödörök alkalmazása miatt (Farsang et al. 2017). Habár a víztér oldott N-formái jelentős napszakos és évszakos ingadozást mutathatnak, az évente megismételt vízvizsgálatok alapján a tavakban egy némiképp csökkenő tendencia figyelhető meg a víztér ammónium-koncentrációjában. Szeged csaknem teljes csatornahálózata 2006-ra kiépült, amely valószínűsíti, hogy azóta nem számottevő a tavak közvetlen szennyvíz-terhelése, amely azonban nem zárja ki teljes mértékben a csatornákból a szennyvíz talajba, talajvízbe és azon keresztül a tavakba történő szivárgását.

A $\text{NO}_3\text{-N}$ korábbi években szintén határértéket ($\geq 0,6 \text{ mg/l}$) megközelítő koncentrációban volt jelen a Bika-tó és a Méntelepi Fehér-tó vízterében, a $\text{NO}_2\text{-N}$ azonban nem számottevő (2. ábra). A nitrát az ammónium mikroorganizmusok általi nitráttá alakításából (nitrifikáció) adódik, másrészt a szennyvízcsatornák szivárgása által is kerülhet nitrát-szennyezés a talajvízbe és ezáltal a városi tavak vízterébe (Farsang et al. 2017). A tavak valamelyest csökkenő $\text{NO}_3\text{-N}$ -terhelése egybeesik a víztér mérséklődő $\text{NH}_4\text{-N}$ koncentrációival, amely jól mutatja a két komponens kapcsolatát. A nitrit- és a nitrát-szennyezés jelentős volt Szeged talajvizében még 2010-2012-ben, ugyanis nagy koncentrációban és nagy térbeli kiterjedésben volt jelen a talajvízben (Fejes 2014). A N-formák leggyakoribb antropogén forrása a szennyvízcsatornák szivárgása, továbbá a nitrogéntartalmú műtrágyák bemosódása művelés alatt álló kertek és parkok talajában. Ez utóbbi a Bika-tóra jelenthet veszélyforrást tekintve, hogy kiskertes városrészben helyezkedik el.

A mért $\text{PO}_4\text{-P}$ koncentrációk is több esetben meghaladják a határértéket ($0,25 \text{ mg/l}$) mindhárom tóban. A szegedi talajvízben található magasabb foszfát-koncentrációk a még használatban lévő régi típusú, falazott csatornák közelében, Szeged belvárosi részén jellemzőek (Farsang et al. 2017). A régi, falazott csatornák szivárgása a tavak külvárosi fekvéséből kifolyólag kevésbé számottevő, de nem kizárható szennyezőforrás. Korábbi szennyezések eredménye is lehet a magas foszfáttartalom, amely a tavi üledékekben felhalmozódva, majd onnan kioldódva mint belső terhelés jelenik meg. Az üledékek szerves anyagainak bomlásából is adódhat a víztér magas $\text{PO}_4\text{-P}$ koncentrációja, kiváltképp anaerob állapot fellépése esetén (Prairie et al. 2001).

Toxikuselem-terhelés

A tavak vízháztartásukat tekintve egy többnyire zárt egységet képeznek, ebből kifolyólag a víztérbe kerülő szennyező anyagok hosszú ideig (a lebomlásig/átalakulásig/kiülepedésig) a tavak vízterét terhelik. Ezért fontos a tavakat fokozottan óvni a szennyezésektől. Az illegális szennyvízbevezetések kizárásával, valamint az illegális hulladéklerakások megszüntetésével a legnagyobb szennyezőforrásokat ki lehet zárni. Vannak azonban olyan szennyezőforrások, amelyeket nehéz kizárni. Ezek jellemzően a diffúz jellegű szennyezések, úgy mint a közlekedési/ipari/mezőgazdasági eredetű por/légszennyezés, valamint a szennyezett talaj/talajvíz.

1. táblázat A Sancer-, Búvár- és Bika-tavak üledékeiben mért fémkoncentrációk
 Table 1. Metal concentrations in the sediments of the Sancer, Búvár and Bika Lakes

	Cu (mg/kg)	Cd (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Pb (mg/kg)	Ni (mg/kg)
Sancer 1. (0–10 cm)*	10,0	<0,1	26,2	17,7	14,1
Sancer 2. (0–10 cm)*	17,1	<0,1	42,6	22,7	29,1
Sancer 3. (0–10 cm)*	23,9	<0,1	45,9	25,0	25,0
Kis-Sancer 4. (0–10 cm)	33,8	0,3	79,1	21,8	37,2
Kis-Sancer 4. (50–60 cm)	12,2	<0,1	37,3	11,6	25,3
Búvár 1. (0–10cm)*	27,0	0,1	62,0	31,0	19,0
Búvár 2. (0–10cm)*	49,2	0,2	162,4	44,4	19,9
Búvár 3. (0–10cm)*	58,6	0,2	149,9	70,3	37,0
Bika 1. (0–10 cm)	25,4	0,1	56,8	12,5	37,6
Bika 1. (50–60 cm)	26,0	<0,1	59,4	12,0	44,7
Feldúsulási faktor/Sancer-tó (fémkonc. 0–10cm/fémkonc. 50–60cm)	2,8	>3	2,1	1,9	1,5
Feldúsulási faktor/Bika-tó (fémkonc. 0–10cm/fémkonc. 50–60cm)	1,0	>1	1,0	1,0	0,8
B szennyezettségi határérték**	75	1	200	100	40
Átlagos geokémiai háttérkoncentráció***	25	0,65	95	21	22

kha=kimutatási határ alatt (Cd kimutatási határa: 0,1 mg/kg)

* (Kurucz 2008)

**A 6/2009. (IV. 14.) KvVM-EüM-FVM együttes rendeletben megadott a földtani közegre vonatkozó szennyezettségi határértékek (B érték)

*** A Magyarországra vonatkozó átlagos geokémiai háttérkoncentrációs értékek (Ódor et al. 1997)

A nagyrészt közlekedési eredetű szennyezés városi tavakra gyakorolt hatását a Búvár-tavon, a Bika-tavon és a Sancer-tavakon vizsgáltuk. A sancer-tavi, búvár-tavi és bika-tavi iszapmintákban mért Pb-, Cu-, Zn-, Ni- és Cd-koncentrációkat a 6/2009. (IV. 14.) KvVM-EüM-FVM együttes rendeletben megadott a földtani közegre vonatkozó szennyezettségi határértékhez (B érték) viszonyítottuk (1. táblázat). A Pb-, Cu-, Zn-, Ni- és Cd-koncentrációk közül egy mintában sem haladták meg a vizsgált fémek a rendeletben megadott szennyezettségi határértékeket. A Búvár-tóban mértük a legmagasabb fémkoncentrációs értékeket, a sancer- és a bika-tavi üledékek kevésbé terheltek toxikus fémek által. A tavak fémterheltsége összességében nem jelentős, habár a Cd-ot leszámítva a többi fém esetében tetten érhető a magyarországi geokémiai háttérhez viszonyított kisebb mértékű dúsulásuk (Ódor et al. 1997).

A kis-sancer-tavi tóközepi és a búvár-tavi üledékekben nagyobb Zn, Pb, Cu, Cd értékeket mértünk, mint a Bika-tó üledékeiben (1. táblázat). A Zn, Cu, Pb és Cd jellemzően közlekedési eredetű fémek, melyek nagyobb mértékben dúsulnak fel a szálló és kiüledő porokban többnyire a forgalmas utak mentén, mint például a Ni. Korábban megállapították, hogy a közlekedésből származó nehézfém-szennyezés a forgalmas utak mentén, azok 50-100 m-es körzetében figyelhető meg leginkább (Árkosi és Buna 1990). A Sancer-tó a kereskedelmi övezet és a belső lakónegyed határán helyezkedik el, egy nagy forgalmú úthoz közel (~60 m). A Búvár-tó a város kereskedelmi- lakótelepi részén található, szintén közel egy fő közlekedési útvonalhoz (~100 m), míg a Bika-tó a város kiskertes-kertvárosias lakónegyedében található, távol a forgalmas utaktól (≥600 m). A közlekedési eredetű szennyezés hatását a szegedi zöldterületek feltalajában is kimutatták, ugyanis a forgalmas közlekedési csomópontok közelében elhelyezkedő parkokban, játszótéren mérték a legmagasabb nehézfém-koncentrációkat a feltalajban (Mezősi et al. 1999). Továbbá megállapítható, hogy a bika-tavi üledékekben nincs számottevő különbség az üledékek mélyebb rétegeiben mért fémkoncentrációk és a felszíni üledékekben mért értékek között (feldúsulási faktorok

(fémkonc._{0-10cm}/fémkonc._{50-60cm}): ~1). Ezzel szemben a kis-sancer-tavi üledékekben a fémek feldúsulási faktorai 1,5 és >3 között mozognak az üledékek felső 10 cm-ében az 50-60 cm-es üledékrétegekhez képest. A fémfeldúsulás származhat egyrészt a fent említett közlekedési eredetű szálló és ülepedő porokból, másrészt a tóba bevezetett esővízelvezető csatorna is jelentős mennyiségű fémszennyezővel terhelheti a tavat. Korábbi eredmények szerint a városi tavaknak jelentős pormegkötő-képességük van (Zhu és Zeng 2018), amely pozitív hatást gyakorol a városi levegő minőségére. Ez különösen igaz az alföldi városokra, ahol jelentős pormennyiség terheli a levegőt. Egy korábban készült tanulmányban összehasonlították Szeged és Freiburg levegőminőségét és kimutatták, hogy a szegedi levegő PM₁₀-es értékei (10 µm alatti szemcseméret-tartományban található szállópor-koncentráció) 2-5-ször nagyobb értékeket mutatnak a freiburgi levegőhöz képest (Makra et al. 2010). Egy másik tanulmányban a levegőből kiülepedő porok fémtartalmát vizsgálták falevelek mintázásával Szeged területén (Csányi 2017). A tanulmány megállapította, hogy a belvárosi forgalom idézi elő a szegedi levegő porterheltségének jelentős részét. A faleveleken megkötött pormintákban mért nehézfém-koncentrációk egyes fémek (Zn, Cd, Cu) esetében magas értékeket mutattak: 199,8±45,9 mg/kg Zn, 0,58±0,15 mg/kg Cd, 29,6±5,6 mg/kg Pb, 22,2±6,5 mg/kg Ni, 102,4±48,6 mg/kg Cu. Ezek mind alátámasztják a feltételezést, mely szerint a forgalmas utak közelében fekvő tavakra nem elhanyagolható hatást gyakorol a közlekedési eredetű légszennyezés.

Emellett talajvízzel is kerülhetnek nehézfémek a vizsgált szegedi tavakba. A Szeged város alatt fekvő talajvíz toxikus fémek általi szennyezettsége nem elhanyagolható mértékű és annak jelentős része a talajból származik, illetve a talajon keresztül szivárog be a felszín alatti vizekbe (Fejes 2014). Az egyes fémek eltérő térbeli eloszlást mutatnak a város talajvizében. A talajvízben leginkább a közlekedési eredetű cink (Zn), ólom (Pb) és réz (Cu) mutatnak kiugróan magas koncentrációs értékeket nagyobb kiterjedésben.

Összegzés

A Szeged város belterületén fekvő tavak közül négyet (egy természetes eredetű vízjárta helyet, egy kubikgödört és két bányatavat) vizsgáltunk víz- és iszapmintákból nyert fiziko-kémiai paraméterek alapján. A víztérből nyert szervesanyag- és N-P-tápanyag-koncentrációk alapján megállapítható, hogy a szegedi tavakat magas KOI_{ps} (szervesanyag-koncentráció) jellemzi, továbbá az N- és P-tápanyag-terheltségük is számottevő. Annak ellenére, hogy csak óvatos következtetéseket vonhatunk le az évente egyszer mért adatsorból, a tavak az elmúlt években némileg csökkenő N-terheltsége figyelhető meg, amely adódhat a közvetlen szennyvíz-szennyezés kizárásából. Az oldott foszfát esetében a korábbi szennyezések üledékekben történt felhalmozódása jelentheti a továbbra is fennálló magasabb foszfát-koncentrációs értékeket egyes tavak vízterében. Az összességében nem megfelelő vízminőség a rendelkezésünkre álló adatok alapján is tetten érhető. Általános jellemzője a szegedi tavak többségének, hogy nem rendelkeznek jelentős vízutánpótlással, jellemzően csak a csapadékvíz és a talajvíz pótolja a tavakból elpárolgó vizet. Ráadásul a klíma előrejelzett további szárazodása következtében a tavak csapadékból történő vízutánpótlása várhatóan csökkenni fog. Ezáltal a tavak vize betöményedik. A nád térnyerése is hozzájárulhat a tavak eutrofizációjához, mert többlet szervesanyag-forrást szolgáltat a víztérbe. Ezáltal a tavak feliszapolódása jelentős. A tavak időről időre iszapkotráásra szorulódnának a szélesebb körű hasznosítás érdekében. A vizsgált tavak üledékeit nem terheli jelentős mértékű nehézfém. A felszíni üledékekben azonban kisebb mértékű fémdúsulás figyelhető meg a mélyebb rétegekhez viszonyítva a forgalmas utakhoz közel fekvő tavakban. Ez jól mutatja a területhasználatból adódó különbségeket a tavak szennyezettségét illetően egy viszonylag kis kiterjedésű mintaterületen (~10,5 km²).

Köszönetnyilvánítás

Szeretnénk megköszönni a Szegedi Vízmű Zrt.-nek, hogy vízminőségi adatokat szolgáltatott a jelen tanulmányhoz, továbbá, hogy engedélyezték az üledékmintavételeket. A tanulmány az EFOP-3.6.1-16-2016-00008 (Intelligens élettudományi technológiák, módszertanok, alkalmazások fejlesztése és innovatív folyamatok, szolgáltatások kialakítása a szegedi tudásbázisra építve) és az EFOP-3.6.2-16-2017-00010 (Fenntartható nyersanyag-gazdálkodás tematikus hálózat fejlesztése – RING 2017) számú pályázatok támogatásából valósult meg.

Irodalom

- Árkosi I., Buna B. 1990: A közlekedésből származó nehézfémek (ólom) talaj- és növénysszennyező hatásának vizsgálata. *Környezetgazdálkodási Kutatások* 3: 27–61.
- Birch, S., McCaskie, J. 1999: Shallow urban lakes: a challenge for lake management. *Hydrobiologia* 395/396: 365–377.
- Csányi K. T. 2017: Szeged város szennyezettsége - ülepedő porok nehézfém-tartalmának és mágneses szuszceptibilitásának vizsgálata falevelek segítségével. Publikálatlan OTDK dolgozat. Szegedi Tudományegyetem, Szeged. p. 71.
- Farsang, A., Fejes I., M. Tóth T. 2017: Integrated evaluation of urban groundwater hydrogeochemistry in context of fractal behaviour of groundwater level fluctuations. *Hydrological Sciences Journal* 62: 1216–1229.
- Fejes I. 2014: A talaj- és talajvízrendszer komplex környezeti szempontú értékelése városi területen, Szeged példáján. Doktori disszertáció, Szegedi Tudományegyetem, Szeged. p. 142.
- Kaszab I. 1987: Építéstani összefüggések Szeged és környéke felszínközeli üledékeiben. MÁFI, Budapest. p. 112.
- Kurucz B. 2008: Szeged környéki tavak környezeti állapotfelmérése - Esettanulmány a Sancer-tavak, a Búvár-tó és a Vér-tó példáján. Publikálatlan diplomamunka. Szegedi Tudományegyetem, Szeged. p. 49
- Makra, L., Mayer, H., Mika, J., Santa, T., Holst, J. 2010: Variations of traffic related air pollution on different time scales in Szeged, Hungary and Freiburg, Germany. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C* 35: 85–94.
- Mahler, B.J., Van Metre, P.C., Callender, E. 2006: Trends in metals in urban and reference lake sediments across the united states, 1970 to 2001. *Environmental Toxicology and Chemistry* 25(7): 1698–1709.
- Mezősi G., Mucsi L., Farsang A. 1999: A városökológia szerepe a területi tervezésben Szeged példáján. *Alföldi Tanulmányok* 17: 74–93.
- Naselli-Flores, L. 2008: Urban Lakes: Ecosystems at Risk, Worthy of the Best Care. *Proceedings of Taal 2007. The 12th World Lake Conference, Jaipur (India), International Lake Environment Committee Foundation (ILEC)*. pp. 1333–1337.
- Ódor, L., Horváth, I., Fügedi, U. 1997: Low-density geochemical mapping in Hungary. *Journal of Geochemical Exploration* 60: 55–66.
- Prairie, Y.T., De Montigny, C., Del Giorgio, P.A. 2001: Anaerobic phosphorus release from sediments: a paradigm revisited. *SIL Proceedings* 27: 4013–4020.
- Puskás I., Farsang A. 2007: A városi talajok osztályozása, az antropogén hatás indikátorainak elkülönítése Szeged talajtípusainak példáján. *Tájökológiai Lapok* 5: 371–379.
- Puskás I., Prazsák I., Farsang A., Maróy P. 2008: Antropogén hatásra módosult fizikai, kémiai és biológiai tulajdonságok értékelése Szeged és környéke talajaiban. *Agrokémia és Talajtan* 57: 261–280.
- Rác I.-né 2011. *Víz-kémia II. Digital Textbook Library honlapja*. [https://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop412A/2010-0019_Vizkemia_II/index.html]
- Redenczki F. 2017: Szeged belterületi tavainak vizsgálata és állapotértékelése. Publikálatlan szakdolgozat. Szegedi Tudományegyetem, Szeged. p. 56
- V.-Balogh K., Présing M., Koncz E., Vörös L. 1999: Huminanyagok képződése nád (*Phragmites australis*) aerob és anaerob dekompozíciója során. *Hidrológiai Közöny* 79: 341–342.

- Szilágyi, F., Somlyódy, L. 1991: Potential impacts of climatic changes on water quality in lakes. Proceedings of the 20th General Assembly of the International Union of Geodesy and Geophysics, Vienna (Austria), IAHS 206: 79–88.
- Whitworth, K.L., Silvester, E., Baldwin, D.S. 2014: Alkalinity capture during microbial sulfate reduction and implications for the acidification of inland aquatic ecosystems. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 130: 113–125.
- Zhu, C., Zeng, Y. 2018: Effects of urban lake wetlands on the spatial and temporal distribution of air PM10 and PM2.5 in the spring in Wuhan. *Urban Forestry and Urban Greening* 31: 142–156.
- 10/2010. (VIII. 18.) VM rendelet a felszíni víz vízszennyezettségi határértékeiről és azok alkalmazásának szabályairól
- 31/2004. (XII. 30.) KvVM rendelet a felszíni vizek megfigyelésének és állapotértékelésének egyes szabályairól
- 6/2009. (IV. 14.) KvVM-EüM-FVM együttes rendelet a földtani közeg és a felszín alatti víz szennyezéssel szembeni védelméhez szükséges határértékekről és a szennyezések méréséről
- MSZ 12749:1993 Felszíni vizek minősége, minőségi jellemzők és minősítés

ASSESSING THE ENVIRONMENTAL STATUS OF URBAN LAKES IN SZEGED, SE HUNGARY

I. BABCSÁNYI¹, D. BODOR², GY. SIPOS¹, A. FARSANG¹

¹University of Szeged, Department of Physical Geography and Geoinformatics
H-6722 Szeged, Egyetem str. 2–6. email: babcsani@geo.u-szeged.hu, ³gysipos@geo.u-szeged.hu,
farsang@geo.u-szeged.hu

²Szegedi Vízmű Zrt.
H-6720 Szeged, Tisza Lajos blvd. 88. email: bodor@szegedivizmu.hu,

Keywords: eutrophication, heavy metal, sediment, water quality, nutrient, contamination

The city of Szeged (SE Hungary) has 15 smaller urban lakes/wetlands. Some are of natural origin (natural wetland), while others were excavated to obtain either levee construction materials or clay for brick manufacturing. We examined the environmental status of five lakes: one natural wetland (Bika Lake), two shallow lakes (< 3 m deep) (Méntelepi Fehér Lake, Búvár Lake), and two deeper ones (>10 m deep) (Csemegi Lake, Sancer Lake). The dissolved oxygen, the chemical oxygen demand (accounting for the dissolved organic matter), dissolved nitrogen forms (nitrate, nitrite, and ammonium), and orthophosphate concentrations were measured in the lakes on an annual basis (from 2009 to 2017). Additionally, sediment cores were taken from three lakes to investigate their heavy metal contamination. The examined lakes bear significant dissolved organic matter, N- and P-nutrient loads. Overall, a somewhat decreasing tendency can be noticed in the ammonium and nitrate loads of the lake water, probably attributable to the reduction/exclusion of direct wastewater dumping into the lakes. Although the sewer system was built throughout the city by 2006, the leaking of sewer drains and pipes and the slowly regenerating contaminated groundwater can still pollute the lakes. A high amount of dissolved orthophosphate concentration lingers in some lakes, likely due to the P previously accumulated in the sediments that can be released into the water column by organic matter decay, in particular upon anoxic conditions. A slight enrichment of traffic-related metals (Cu, Zn, Pb) can be noticed in the surface sediments of lakes that are closest to roads with heavy traffic, but none of the analyzed metals reached the threshold values set by Hungarian standards. Overall, the urban lakes that were studied display a eutrophic nature that can be explained by both allochthonous (from external sources) and autochthonous (inner recycling of nutrients) nutrient loads and the lack of their water renewal.