

A VÍZI ÖKOSZISZTÉMÁK JELENTŐSÉGE A TÁRSADALOM SZÁMÁRA

Báldi András¹, Engloner Attila², Vörös Lajos³

¹az MTA doktora, főigazgató, MTA Ökológiai Kutatóközpont
baldi.andras@okologia.mta.hu

²PhD, igazgató, MTA Ökológiai Kutatóközpont

³az MTA doktora, professor emeritus, MTA Ökológiai Kutatóközpont

Kulcsszavak: ökoszisztéma-szolgáltatás, EU Víz Keretirányelv, vízminőség, ökológiai invázió, Duna Régió Stratégia

A VÍZ JELENTŐSÉGE AZ ÉLET KIALAKULÁSÁBAN

A földi élet története vízben kezdődött. A mai cianobaktériumok ősei mintegy 3,9 milliárd évvel ezelőtt jelentek meg a sekély tengerekben, és közel kétmilliárd éven keresztül az egyetlen oxigéntermelő fotoszintézist folytató élőlények voltak a Földön. Az ősi cianobaktériumok leszármazottai majdnem minden vízi, sőt szárazföldi „niche”-t elfoglaltak, és vízi környezetben egyedül képesek a légköri molekuláris nitrogén megkötésére. Az eukarióta algák „csupán” 1,8 milliárd évesek, tömegessé egymilliárd évvel ezelőtt váltak. A felszíni vizekben élő apró, fotoszintetizáló prokarióta, majd később eukarióta élőlények vízbontással és oxigéntermeléssel járó fotoszintézise vezetett a molekuláris oxigén atmoszférabeli megjelenéséhez. Egyetlen más folyamat sem hatott a bioszféra evolúciójára olyan mértékben, mint az oxigéntermelő fotoszintézis.

Az élet lehetőségét a szárazföldeken a csapadék, a kontinentális vizek biztosítják. A természetes vizek tulajdonképpen hígabb, töményebb sóoldatok; ahol víz van, ott élet is van (Sebestyén, 1963). Nem véletlen, hogy napjainkban a csillagászok a világűrben az élet nyomait keresve víz után kutatnak.

E rövid áttekintésben célunk azt bemutatni, hogy a vízi élővilág és ökoszisztémák alapvetően hozzájárulnak az emberiség létéhez és jóllétéhez, így pusztulásukkal a társadalom is jelentősen károsodik. Ennek megakadályozása multidiszciplináris megközelítést igényel, beleértve a társadalmi és döntéshozói igények felmérését is.

A VÍZI ÖKOSZISZTÉMÁK JELENTŐSÉGE MINDENNAPI ÉLETÜNKBEN

Ökoszisztéma-szolgáltatásoknak nevezzük mindazokat a hasznokat, amelyeket a társadalom kap az ökoszisztémák működése által (Díaz et al., 2015). Ilyen „mindennapi haszon” például a tiszta víz a vízi rendszerek biológiai tisztulóképessége eredményeképpen, az árvizek hatásának mérséklése, az élelmiszer (például halak), vagy éppen a szabadidő eltöltésének tartalmas biztosítása természetes vagy természetközeli vízparton stb. Négy fő típusát szokás megkülönböztetni, mégpedig a támogató, ellátó, szabályozó és kulturális szolgáltatásokat (Báldi, 2011). Az alábbiakban ezekre mutatunk be példákat a vízi ökoszisztémákból.

Az ún. **támogató ökoszisztéma-szolgáltatások** biztosítják az élet alapvető működéséhez szükséges feltételeket, így az energiát (szerves anyagot) és az oxigént, többek között. A vízi termelő szervezetek (azaz, amelyek szerves anyagot állítanak elő a fotoszintézis során, így az algák és a nagyméretű növények; makrofitonok) termelik a légköri oxigén több mint felét, továbbá a vizekben folyó elsődleges szervesanyag-termelés képezi a bioszféra produkciójának mintegy felét (49%), miközben ennek csupán 18%-a az esőerdők hozzájárulása.

Mivel a Föld felszínének több mint 70%-át borítják az óceánok, átlagos mélységük pedig 3,8 km, bolygónkat helyesebb lenne *Víznek* (Aqua), mint *Földnek* (Terra) nevezni (Smil, 2002). A világoceán dominálja a globális vízciklust, a Föld vízkészletének 96,5%-a van az óceánokban, 0,0127%-a tavakban, 0,0002%-a folyókban és 0,0001%-a élőlényekben. Ezek a források azonban végesek, nem követik a Föld népességének gyarodását, emiatt bolygónk egyes területein már súlyos humanitárius, gazdasági, sőt politikai konfliktusokat okoz a vízhiány. A szíriai polgárháború kirobbanása például a 2007–2010-es rekordszárazság okozta élelmiszerhiányra vezethető vissza (Kelley et al., 2015).

Ellátó ökoszisztéma-szolgáltatás például az élelmiszer termelése. Nagyon fontos a vizek hal-, rák-, kagyló- stb. produkciója, hiszen például 2010-ben az emberiség éves átlagos halfogyasztása 18,5 kg/fő volt (Magyarországon ez az érték 5 kg körüli). Hazánkban a halászat és horgászat révén hasznosított természetes és mesterséges vízfelület kiterjedése 164 ezer hektár, ami a Balaton felületének 2,5-szerese. Egy tizenkét európai tóra kiterjedő kutatás eredménye szerint szignifikáns kapcsolat van a fitoplankton-produkció és a halprodukción között (Håkanson – Boulion, 2001), ezt a Balatonra kivetítve azt kapjuk, hogy a tó keleti, tiszta vizű területén a halprodukción 20 kg-ot tehet ki hektáronként, az algában gazdag Keszthelyi-medencében ez az érték 30 kg/hektárra tehető. Természetes vizeink halprodukciónja ma is igen számottevő, azonban ennek jelentősége messze túlnőtt annak táplálkozási értékén, hiszen ezeken a vizeken a halászat mint iparág megszűntével az összes halat horgászok fogják ki. Közel félmillióan horgásznak Magyarországon.

Az emberiség vízhasználata számtalan módon elválaszthatatlan a vízi ökoszisztémák megfelelő működésétől és az általuk biztosított ökoszisztéma-szolgáltatásoktól. A **szabályozó ökoszisztéma-szolgáltatások** egyik példája a víztisztítás. New York ellátását jó minőségű ivóvízzel a vízgyűjtő terület ökoszisztémáinak rekonstrukciójával érték el, így természetes módon történik a víztisztítás, amely környezetbarát volta mellett kb. ötmilliárd dollárral olcsóbb is volt, mint egy víztisztító telep építése. Ráadásul természetes módon „üzemel”, így az évi 300 millió dollárra becsült üzemeltetési költségre sincs szükség (Hanley – Barbier, 2009).

Magyarországon parti szűrésű kutakból származik ivóvízellátásunk közel harmada. Például a Szentendrei-sziget és a Duna bal partján található parti szűrésű kutak látják el Budapest jelentős részét. Ezek a kutak a Duna vastag kavicsrétegén átszűrődő vizét szolgáltatják – iható minőségben. Klórral vagy ózonizálással történt kezeléson kívül egyéb tisztítási eljárást nem alkalmaznak, ezért nem lehet eléggé hangsúlyozni a folyó természetes szűrőrendszere és annak megőrzése fontosságát.

A természetes rendszerekben működő visszacsatolások révén az áradások szabályozása is megvalósul. Ez egyáltalán nem azt jelenti, hogy természetes rendszerekben nincsenek áradások, hanem azt, hogy az áradások gyakorisága, intenzitása és hatása csekélyebb, illetve megfelelő élőhelykezeléssel azon ökoszisztémák vízmegtartó képessége befolyásolható, amelyeket érintenek a folyók (Brauman et al., 2007). Kiemelendő az ártéri ökoszisztémák helyreállításának fontossága, hiszen ezek az ökoszisztémák számos szolgáltatást nyújtanak (többek között a fent említett vízmegtartó képességükön keresztül fontos árvízszabályozók).

A **kulturális ökoszisztéma-szolgáltatások** közé tartozik az oktatás, kutatás, rekreáció, művészi inspiráció és a hozzájárulás a lelki harmóniához, illetve egészséghez is. Vizeink kapcsán alapvetően rekreációs tevékenység a horgászat. Ez a szabadidő kellemes eltöltésének egyik fontos módja, és jelentős mennyiségű pénzt is áldoznak rá a hódolói. Nyilván ott alakul ki rekreáció, ahol a víz tiszta, ahol az élővilág megfelelő egyensúlyban van, és biztosítja az „elvárt” ökoszisztéma-szolgáltatásokat. Az elvárások azonban sokfélék, esetenként ellentétesek egymással. A fürdés és vízi sportok szempontjából kedvelt víz tiszta, átlátszó, nem tesz zavarossá a tömegesen elszaporodott algák és az azokat fogyasztó mikroszkopikus állati szervezetek, másképpen fogalmazva biológiai produktivitása kicsi. Halastavakban ezzel ellentétben a nagy produktivitás a cél, amit takarmányozással, esetenként trágyázással fokoznak, vizük a benne nyüzgő mikroszkopikus élőlényektől zavaros. A Balaton legfontosabb ökoszisztéma-szolgáltatása a fürdőzéssel egybekötött turizmus lehetőségének biztosítása, emellett fontos ivóvízbázis is, ami meglehetősen korlátozott halprodukciót tesz lehetővé, és törvényszerűen korlátozza az egyébként alapvetően rekreációs célú horgászat lehetőségeit.

A VÍZI ÖKOSZISZTÉMÁK MŰKÖDÉSÉT VESZÉLYEZTETŐ TÉNYEZŐK, ÍGY KELETKEZŐ KÁROK

A vizek szerves és szervetlen anyagokkal való szennyezése súlyos probléma lehet. A megnövekedett szennyvízkibocsátás, a nagyüzemi állattartás és a szántóföldekről bemosódó műtrágyák megnövelik a vizek növényitápanyag- (elsősorban foszfor-) terhelését. A tápelem-túlkínálat miatt a vízi növények, elsősorban a mikroszkopikus algák túlzott mértékben elszaporodnak, ami számos emberi vízhasználatot károsít. Ez az **eutrofizáció** nevű folyamat nem egyszerűen az algák mennyiségének megnövekedését jelenti, hanem egy komplex eseményláncolatot, amely az egész vízi ökoszisztéma megváltozásával jár. Főleg tavainkban nyaranta gyakori a cianobaktériumok (kékalgák) tömeges elszaporodása, utóbbiak között pedig toxintermelésre képes fajok is vannak, de ezek termelik például a halak ún. iszapízét okozó szerves vegyületeket is (geozmin, 2-metil-izoborneol). Az eutrofizáció világprobléma, és hazánkban is országos jelentőségű gondokat okozott néhány évtizeddel ezelőtt a Balaton algásodása kapcsán, de okoz ma is például a főváros közelsége miatt egyik legfontosabb rekreációs vizünkön, a Ráckevei (Soroksári)-Dunán. Nem véletlen, hogy a WHO ajánlása szerint azok a vizek, ahol cianobaktérium-dominancia van, és az *a*-klorofill koncentrációja meghaladja a 75 µg/l értéket, nem alkalmasak fürdőzésre. Ez volt a helyzet a Balaton nyugati területein az 1980-as években és az 1990-es évek első felében (Herodek, 1983). Ez a sajnálatos körülmény nagyon intenzív, a Balaton egész vízgyűjtő területére kiterjedő kutatómunkát generált, amelynek keretében megvalósult az ökológusok, a mérnökök és a rendszerelmzők országos belüli, sőt nemzetközi együttműködése, amely ökológiai és hidrológiai modellek alkotásában teljessé vált ki (Somlyódi – Straten, 1986), amelyek felhasználták a rendszeres monitorozási eredményeket, feltárták a jelenség okait és meghatározták a védekezés módjait. A tóparti szennyvizek kivezetésével és a vízgyűjtő területen a harmadik fokozatú szennyvíztisztítás (foszforleválasztás) megvalósításával a Balaton külső foszforterhelése harmadára-negyedére csökkent, amit néhány éves késéssel a fitoplankton ugyanilyen mértékű csökkenése és jelentős átstrukturálódása követett.

A Balaton esete környezetvédelmi sikertörténetnek számít: nemcsak a folyamat megállítása sikerült, hanem annak visszafordítása is megtörtént, ma már a Balaton vize mindenütt alkalmas fürdésre, jó minőségű ivóvíz biztosítására. A Balaton legfontosabb ökoszisztéma-szolgáltatása a rekreáció, de folyamatosan közel százezer ember (nyáron ennek többszöröse) ivóvízellátását is szolgálja.

Vizeinket egyre nagyobb mennyiségben terhelik mesterségesen előállított **vegyi anyagok**, ún. mikroszennyezők is, amelyek káros élettani folyamatokat indíthatnak be, és sok esetben a táplálékhálózaton keresztül akkumulálódnak. Ezek közé a mikroszennyezők közé tartozhatnak gyógyszeripari és testápolási termékek, kozmetikumok, ízfokozók, poliaromás és illékony szénhidrogének, amelyek élettani hatásukat tekintve a hormonműködést felborító, endokrin rendszert káro-

sító anyagok, vagy immun- és idegrendszert károsító anyagok egyaránt lehetnek (Jurecska et al., 2014). Talajvizekben egyik leggyakrabban előforduló szennyező, mesterségesen előállított illékony szénhidrogén-származék az oldó- és ipari tisztítószerként (festékeltávolításra, fémek zsírtalanítására, textíliák száraz tisztítására) használt triklór-etilén (Dobosy et al., 2016). Ivóvízzel, bőrön át felszívódva vagy akár inhalációval is bejuthat az élő szervezetekbe, elsősorban máj- és vesemegnagyobbodást, továbbá az enzimikus rendszer megváltozását okozva.

A **gyógyszermaradványok** skálája is igen széles: antibiotikumok, fájdalomcsillapítók, hormonkészítmények, gyulladásgátlók (Magyarországon ibuprofenből és naproxenből évente 10 tonnát adnak el a patikák). A gyógyszerhatóanyagok akár 90%-a átalakulás nélkül hagyhatja el a szervezetet, és juthat a kommunális szennyvizekbe. A szennyvíztisztítás során eltávolításuk nagyjából nem megoldott, ezért bejutnak élővizeinkbe (Andrási et al., 2013; Jurecska, 2012), ahol az ökoszisztémára, különböző élőlényekre kifejtett hatásuk sokszor ismeretlen, feltárásuk ökológiai, ökotoxikológiai vizsgálatokat igényel. A helyzetet súlyosítja ezen anyagok esetleges szinergikus hatása, valamint a mikrobiális úton történő lebomlásuk során keletkező, ugyancsak ismeretlen hatású, kis molekulájú vegyületek sora.

Földünkön évente közel 300 millió tonna **műanyag hulladék** keletkezik, ami tengeri és édesvízi ökoszisztémákban egyaránt megtalálható. Lassú lebomlásuk (több száz év), valamint a műanyagtermelés folyamatosan bővülő volumene miatt egyre növekvő mennyiségben halmozódnak fel a befogadó vizekben és azok üledékében. A műanyag mikrorészecskék (<5 mm) különös figyelmet érdemelnek, mert a kis méret miatt könnyen bekerülnek a vízi állatvilág emésztőrendszerébe. Az észak-amerikai nagy tavakban a megtalált műanyag hulladék 70%-a kisebb volt, mint 1 mm. E részecskék felületén környezetre veszélyes anyagok adszorbeálódnak, például poliklorozott bifenilek (PCB) vagy sokgyűrűs aromás szénhidrogének (PAH), de lebomlásuk során környezetet károsító kemikáliák is felszabadulnak. A gerinctelen vízi állatok és a halivadékok általi elfogyasztásuk révén pedig bekerülnek a vízi táplálékhálózatba, és végül az emberhez is eljutnak. A plastik mikrorészecskék tengeri kutatása intenzíven folyik, de édesvízi előfordulásukról és hatásukról keveset tudunk. Néhány úttörő jellegű munkából tudjuk, hogy olyan távoli és humán hatásoktól kevésbé érintett vizekben is jelen vannak, mint a mongóliai Hövszögöl-tó, de hozzánk közelebb, az alpesi környezetben lévő Garda-tóban is jelentős mennyiségben fordulnak elő (Christopher et al., 2014; Imhof et al., 2013).

A vízi közlekedés fejlesztése érdekében a csatornákkal összekötött nagy folyórendszerek ma már olyan „országutakat” alkotnak, amelyeken a legkülönbözőbb élőlények vándorolhatnak és juthatnak el eredeti élőhelyeiktől nagy távolságokra. Az **invazív fajok** veszélyeztethetik a vízi ökoszisztémákat, csökkentik a biodiverzitást, kiszorítják az őshonos fajokat, számos mezőgazdasági, egészségügyi és gazdasági problémát okozhatnak (Báldi et al., 2017). A Duna árterén az első

invazív fajokat már az 1800-as években feljegyezték, és mára például a Duna hazai szakaszán a kagylók 20%-a, a vízcicsigák 13%-a idegenhonos. A vándorkagyló a Balatont az 1930-as években özönlötte el, de a hajók ballasztvizével 1988-ban Európából eljutott Észak-Amerikába, és 2000-re elárasztotta a Nagy-tavakat és a Mississipp medencéjét. Az amúri kagyló lárvája a kelet-ázsiai növényevő halak betelepítésével jutott el hazánkba, és napjainkra meghódította az ország sekély állóvizeit. Mindezek miatt a biológiai inváziók vizsgálata a modern ökológiai kutatások egyre fontosabb területe.

A vízi közlekedés, továbbá energiatermelés céljából a folyókon emelt duzzasztógáták számos ökológiai problémát okoznak, többek között **élőhely-fragmentációt**. A világon több mint 42 000 nagyméretű (30 m feletti) völgyzáró gát és több százezer kisebb duzzasztógát épült, az általuk visszatartott vízmennyiség mintegy ötszöröse az összes folyóvíz által képviselt vízmennyiségnek (Rosenberg et al., 2000). A duzzasztott szakaszokon a folyók lelassulnak, valójában tavakká alakulnak át, lebegtetett anyagaikat lerakják, és jelentős feliszapolódás következhet be. A tározó mögötti folyószakaszon medermélyülés alakul ki, az pedig a folyó életében oly fontos szerepet betöltő (például halivadék-nevelő hely) mellékágak levágódását (a laterális konnektivitás megszűnését) eredményezi. A gátak ugyanakkor számos természetes vándorfajnak okoznak áthághatatlan akadályt; nem véletlen, hogy a vaskapui vízlépcsők megépülte után jelentősen csökkent a tokfélék (például a viza) fogása Magyarországon (Guti – Gaebele, 2009). A fragmentáció a világ nagy folyóinak több mint kétharmadát érinti. Természetes vizeink halállományát számos közvetlen és közvetett antropogén hatás veszélyezteti, ezek között az élőhelyek megváltozása, fragmentációja áll az első helyen, ezt követi az idegenhonos halak szándékolt és szándékolatlan betelepítése, valamint az intenzív horgászat, illetve korábban a halászat is. A folyók szabályozása, víztározók építése jelentősen csökkentette a természetes halpopulációk élő- és szaporodási helyét. Az idegenhonos halak betelepítése is több kárt okozott, mint amennyi hasznot hajtott pénzügyi és ökológiai szempontból egyaránt. Korábbi terepi vizsgálatok alapján egyes halfajok túlhalászása és az állományok betelepítéssel való pótlása bevett gyakorlat Magyarországon, de ennek a technikának reális veszélye, hogy lerontja a természetes állományok genetikai diverzitását (Speciár – Erős, 2016).

AZ ÖKOLÓGIAI KUTATÁSOK SZEREPE A VÍZI ÖKOSZISZTÉMÁK ÁLTAL NYÚJTOTT ELŐNYÖK KIAKNÁZÁSÁBAN, A VESZÉLYEK ELHÁRÍTÁSÁBAN

Az emberiség jólléte a vízi ökoszisztémák egészséges működésének függvénye. Az ökoszisztémákat alkotó élőlényegyüttesek működésének, összetételének és diverzitásának ismerete elengedhetetlen azok állapotának megítéléséhez. Nem lehet véletlen, hogy a kutatások nyújtotta evidencia egyre fontosabb szerepet tölt be

a természeti erőforrások fenntartható kezelésében. Ezen a felismerésen alapul az **EU Víz Keretirányelve** (VKI), amely vizeink jó ökológiai állapotának elérését, az ökológiai állapot rendszeres monitorozását írja elő (Ács et al., 2015; Padisák et al., 2006). Felszíni vizeinkben a biológiai monitorozás öt élőlénycsoportra terjed ki, ezek a vízben lebegve élő és a felülethez rögzült algák (fitoplankton és fitobentosz), a vízi makroszkopikus gerinctelen állatok és a növények (makrozoobentosz és makrofitonok), valamint a halak. E minősítés módszerére vonatkozó szakmai javaslat Magyarországon 2003-ban készült el, 2005-ben pedig megtörtént négy-száz hazai vízfolyás ökológiai állapotának értékelése és minősítése. Az országos monitorozás 2007-ben indult el, amelynek köszönhetően készülhetett el 2009-ben az ország első, 2015-ben pedig a második Vízgyűjtő Gazdálkodási Terve, amely tartalmazza többek között azokat az intézkedési terveket, amelyeket a jó ökológiai állapotot el nem érő felszíni vizek esetében kell alkalmazni.

A **Balaton vízminőségének helyreállítása** a hazai környezetvédelem egyik sikertörténete, amely integrált megközelítés és az érintett szakterületek, így az ökológia bevonása nélkül nem valósulhatott volna meg. Fentebb részletesen írtunk erről az eutrofizációs folyamatról, illetve visszafordításáról. A Balaton vize napjainkban mindenütt alkalmas fürdésre, és jó minőségű ivóvíz nyersanyaga is.

Folyóink komplex módon, a legkülönbözőbb területeken hatnak mindennapi életünkre (Bíró – Oertel, 2004). Ahogy már volt róla szó, közlekedési útvonalat jelentenek, élelmet, ivó- és ipari vizet nyújtanak, gátakon, erőműveken keresztül energiatermelésre foghatók. Az ember természetátalakító tevékenysége során sokszor egy funkciót egy másik elé helyez, például gátakkal, mederszabályozással jobban hajózható útvonalakat hoz létre – a folyó széles területen való szétterülését, nagy árterületek létrejöttét akadályozva ezzel. A nagy folyam szabályozások után ismertük csak fel (újra), hogy a folyami árterek rendkívül fontosak. Változatos élőhelyek, amelyek a biológiai sokféleség fenntartását segítik elő, szaporodóhelyet nyújtanak az élelmezésben is fontos szerepet betöltő élőlények számára (például halbölcsők), hagyományos ártéri gazdálkodási módokkal (például fokgazdálkodás) fenntartható megélhetést nyújthatnak, segítik a folyó természetes tisztulását. A Duna gemenci ártere 18 000 hektár kiterjedésű, Európa egyik utolsó és egyben legnagyobb természetes ártéri területe.

Ma már azt is tudjuk, hogy a szűk gátak közé szorított folyóknak megnő az energiájuk, ami gyors medermélyülést, csökkenő kis vízszintet, hajózási, öntözési, ivóvízkivételi gondokat okozhat. A laterális konnektivitás egyre nagyobb mértékű megszűnésének ökológiai következményei ugyancsak ráirányítják a figyelmet az ilyen kutatások fontosságára, hiszen ezek a mellékágak a folyó tüdejének számítanak, megújul, „felfrissül” itt az élővilág, és inokulálja a főmeder ökoszisztémáját. Ráadásul a hagyományos, töltésekkel való védekezés sokszor nem nyújt elegendő biztonságot a rekordméretű árhullámokkal szemben.

KITEKINTÉS

E rövid áttekintés a vízi ökoszisztémák szolgáltatásainak rövid, óhatatlanul szubjektív bemutatását tudja felvállalni (vö. Istvánovics, 2015). Ugyanakkor a vízi rendszerek csakúgy, mint más ökológiai rendszerek, **komplex interakciós hálózatba** szerveződnek, amelyekben a fajok, illetve funkciók csoportok közötti „lát-hatatlan” kölcsönhatások e rendszerek jóval mélyebb megértését igénylik. Tovább bonyolítja a kölcsönhatás-hálózatot, ha a társadalmi igényeket, intézményi és kormányzási tényezőket is figyelembe vesszük. A kérdéseket pedig nem elsősorban az ökológusok teszik fel, hiszen – éppen sokrétű szerepük miatt – széles társadalmi csoportok vannak kapcsolatban a vizekkel, így a társadalomnak jól megfogalmazható igényei és elvárásai vannak. Lokális környezetszennyezések (cianid, vörösiszap, kommunális szennyvizek), globális klímaváltozás (folyókák szélsőséges vízszintingadozása, levonuló árhullámok) vagy akár közvetlen gazdasági érdekek folyamatosan a közvélemény figyelmének, érdeklődésének középpontjában tartják a vízi ökoszisztémákat.

A hazai víztudomány fejlődéséhez az ökológia számos területen tud hozzájárulni, többek között a legújabb módszerek alkalmazásával lehetőség nyílna nagy tömegben megbízható adatokhoz jutni, hatékonyabbá téve a környezeti állapot felmérését vagy a beavatkozások nyomon követését. Ilyen módszerek például a környezeti DNS révén történő biodiverzitás-felmérés; LIDAR-távérzékelés alkalmazása; mikrorészecskék, illetve szerves és szervetlen szennyezők műszeres kimutatása; *in situ* mérőrendszerek kiépítése; új adatfeldolgozási technikák („big data”) stb. Az ökológiai tudás „összekapcsolása” a társadalmi igényekkel az ökoszisztéma-szolgáltatás megközelítés révén valósulhat meg. Így például közös alapot lehet teremteni a kormányzati elvárások és lehetőségek, illetve a vízi élővilág rendszereinek értékelésére, azaz beépíteni az ökoszisztémák értékeit a döntéshozatali rendszerbe.

Az édesvizek kutatása több területen elmarad a szárazföldi és tengeri kutatásoktól, így jelentős erőfeszítések szükségesek a további tudományos munkákhoz. Kiemelten igaz ez a nagy folyók kutatására, noha ezek jelentősége hatalmas, és szerteágazóan kapcsolódik a környezeti és társadalmi rendszerekhez (lásd például az EU Duna Régió Stratégiát). Elkerülhetetlen a komplex környezeti problémák integrált és multidiszciplináris tudományos megközelítése és értékelése, ami sürgős lépéseket igényel a hazai vízi rendszerek fenntartható kezelésében is. Nagyléptékű kutatási program tud csak megfelelni a felszín alatti, felszíni és légköri vizek élővilága feltárásának, az interakciók megértésének, és mindezt a döntéshozatal támogatására megfelelően kell prezentálni.

E tanulmánnyal szándékunk volt felhívni a figyelmet arra, hogy környezeti problémáinkat csak komplex, átfogó, integrált megközelítésben lehet megérte-

ni, és csak ilyen módon lehet mérsékelni hatásukat. Ez nem elsősorban tudományos kérdés, a társadalom igényeinek kell megfelelni és jóllétét (well-being) szolgálni (Díaz et al., 2015). Mindez azonban csak tudományos evidenciákon alapulva lehet hatékony.

IRODALOM

- Ács Éva – Borics Gábor – Boda Pál et al. (2015): Magyarország felszíni vizeinek ökológiai állapotértékelő módszerei. *Magyar Kémikusok Lapja*. 70, 11, 374–380. http://www.mkl.mke.org.hu/images/stories/downloads/2015/2015_11.pdf
- Andrási Nóra – Molnár Borbála – Dobos, Bernadett et al. (2013): Determination of Steroids in the Dissolved and in the Suspended Phases of Wastewater and Danube River Samples by Gas Chromatography, Tandem Mass Spectrometry. *Talanta*. 115, 367–373. DOI: 10.1016/j.talanta.2013.05.029
- Báldi András (vendégszerk.) (2011): Biodiverzitás és ökoszisztéma-szolgáltatás. *Magyar Tudomány*. 172, 7, 770–801. <http://www.matud.iif.hu/2011/07/Tartalom.htm>
- Báldi András – Csányi Béla – Csorba Gábor et al. (2017): Behurcolt és invazív állatok Magyarországon. *Magyar Tudomány*. 178, 4, 399–437. <http://www.matud.iif.hu/2017/04/04.htm>
- Bíró Péter – Oertel Nándor (2004): A hidrobiológia főbb irányvonalai és feladatai. *Magyar Tudomány*. 165, 1, 37–46. <http://www.matud.iif.hu/04jan/004.html>
- Brauman, Kate A. – Daily, Gretchen C. – Duarte, T. Ka'eo – Mooney, Harold A. (2007): The Nature and Value of Ecosystem Services: An Overview Highlighting Hydrologic Services. *Annual Review of Environment and Resources*, 32, 67–98.
- Christopher, M. F. – Jensen, O. P. – Mason, S. A. et al. (2014): High-levels of Microplastic Pollution in a large, Remote, Mountain Lake. *Marine Pollution Bulletin*. 85, 156–163. DOI: 10.1146/annurev.energy.32.031306.102758 http://www.biodiversity.ru/programs/ecoservices/library/functions/water/doc/Brauman_2007.pdf
- Díaz, Sandra et al. (2015): The IPBES Conceptual Framework — Connecting Nature and People. *Current Opinion in Environmental Sustainability*. 14, 1–16. DOI: 10.1016/j.cosust.2014.11.002 <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S187734351400116X>
- Dobosy Péter – Vizsolyi Éva Csiperke – Varga Imre et al. (2016): Trichloroethylene Removal from Water by Ferrate Treatment. *Microchemical Journal*. 127, 74–78. DOI: 10.1016/j.microc.2016.02.010 <http://www.revaikiado.hu/wp-content/uploads/2015/08/TCE.pdf>
- Guti Gábor – Gaebele Tibor (2009): Veszélyeztetett tokfélék (Acipenseridae) a Duna magyarországi szakaszán. *Természetvédelmi Közlemények*. 15, 57–67. <http://doksi.hu/get.php?lid=14945>
- Håkanson, Lars – Boulion, Viktor V. (2001): Regularities in Primary Production, Secchi Depth and Fish Yield and a New System to Define Trophic and Humic State Indices for Lake Ecosystems. *International Review of Hydrobiology*. 86, 23–62. DOI: 10.1002/1522-2632(200101)86:1<23::AID-IROH23>3.0.CO;2-4 https://www.researchgate.net/publication/230366409_Regularities_in_Primary_Production_Secchi_Depth_and_Fish_Yield_and_a_New_System_to_Define_Trophic_and_Humic_State_Indices_for_Lake_Ecosystems
- Hanley, Nick – Barbier, Edward B. (2009): *Pricing Nature: Cost-Benefit Analysis and Environmental Policy*. Cheltenham: Edward Elgar Publishing
- Herodek Sándor (1983): A Balaton eutrofizálódása és a védekezés lehetőségei. *Magyar Tudomány*. 28, 90, 7–8, 506–517.

- Imhof, H. K. – Ivleva, N. P. – Schmid, J. et al. (2013): Contamination of Beach Sediments of a Subalpine Lake with Microplastic Particles. *Current Biology*. 23, 867–868. DOI: 10.1016/j.cub.2013.09.001 [http://www.cell.com/current-biology/fulltext/S0960-9822\(13\)01108-1?_returnURL=http%3A%2F%2Flinkinghub.elsevier.com%2Fretrieve%2Fpii%2FS0960982213011081%3Fshowall%3Dtrue](http://www.cell.com/current-biology/fulltext/S0960-9822(13)01108-1?_returnURL=http%3A%2F%2Flinkinghub.elsevier.com%2Fretrieve%2Fpii%2FS0960982213011081%3Fshowall%3Dtrue)
- Istvánovics Vera (2015): Felszíni vizek kutatása Magyarországon – Helyzetkép és javaslatok. *Magyar Tudomány*. 175, 7, 843–854. <http://www.matud.iif.hu/2015/07/15.htm>
- Jurecska Laura (2012): Új típusú szűrők gyógyszermaradványok eltávolítására. Víz tisztítás ciklodextrinekkel. *Élet és Tudomány*. 67, 3, 73–75.
- Jurecska Laura – Dobosy Péter – Barkács Katalin et al. (2014): Characterization of Cyclodextrin Containing Nanofilters for Removal of Pharmaceutical Residues. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*. 98, 90–93. DOI: 10.1016/j.jpba.2014.05.007 https://www.researchgate.net/publication/262815700_Characterization_of_cyclodextrin_containing_nanofilters_for_removal_of_pharmaceutical_residues
- Kelley, Colin P. et al. (2015): Climate change in the Fertile Crescent and Implications of the Recent Syrian Drought. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*. 112, 11, 3241–3246. DOI: 10.1073/pnas.1421533112 <http://www.pnas.org/content/112/11/3241.full>
- Padisák Judit – Ács Éva – Borics Gábor et al. (2006): A Víz Keretirányelv és a vízi habitatdiverzitás konzervációbiológiai vonatkozásai. *Magyar Tudomány*. 167, 6, 663–669. <http://www.matud.iif.hu/06jun/04.html>
- Rosenberg, David M. – McCully, Patrick – Pringle, Catherine M. (2000): Global-Scale Environmental Effects of Hydrological Alterations: Introduction. *BioScience*. 50, 746–751. DOI: 10.1641/0006-3568(2000)050[0746:GSEEOH]2.0.CO;2 <https://academic.oup.com/bioscience/article/50/9/746/269195/Global-Scale-Environmental-Effects-of-Hydrological>
- Sebestyén Olga (1963): *Bevezetés a limnológiába*. Budapest: Akadémiai Kiadó
- Smil, Vaclav (2002): *The Earth's Biosphere: Evolution, Dynamics, and Change*. Cambridge, MA: The MIT Press
- Somlyódi László – Straten, Gerrit van (eds.) (1986): *Modeling and Managing Shallow Lake Eutrophication with Application to Lake Balaton*. Berlin: Springer-Verlag
- Speciár András – Erős Tibor (2016): Freshwater Resources and Fisheries in Hungary. In: Craig, John F. (ed): *Freshwater Fisheries Ecology*. Hoboken: John Wiley & Sons, 196–200.