



A MAGYAR TENGER

A Balaton ökológus szemmel

A Balaton Közép-Európa legnagyobb tava, hazánk egyik legértékesebb természeti kincse. A tó teljes felülete közel hatszáz négyzetkilométer, a teljes vízgyűjtőterület nagysága pedig ennek csaknem tízszerese. Húsz állandó és harmincegy időszakos vízfolyás táplálja, közülük kiemelkedő jelentőségű a Zala folyó, amely a tóba befolyó vízmennyiség felét szállítja.

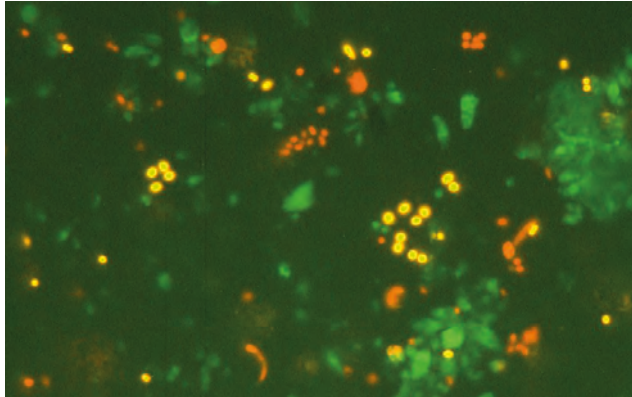
A Balaton egyetlen kifolyása a Siófoknál zsilippel szabályozott Sió-csatorna. A jelenleg érvényben lévő vízszint-szabályozási előírás szerint a tó vízállásának megengedett maximuma 120 cm, a kívánt legalacsonyabb vízállás pedig 75 cm (ezek az értékek nem a víz mélységét, hanem a siófoki vízmérce állását jelentik). Az elnyújtott alakú tó hossza 76,5 km, átlagos szélessége pedig csupán 7,5 km, bár a Tihanyi-félszigetnél szélessége alig éri el a 1,5 km-t (Virág, 1998). A tó átlagos mélysége mintegy 3,36 m, de a déli-part térségében medre sekélyebb. A Balaton édesvízű tó, ionösszetétele különbözik a tengerekétől, jellemzően Mg-Ca-HCO₃ iondominanciát mutat. Vízének kémhatása enyhén lúgos, pH-ja 8,5 körüli. Ez az oka annak, hogy a fürdőzők a Balaton vizét selymesen lágynak érzik. A Balaton életében az 1980-as években volt olyan időszak, amikor a nagy tömegben elszaporodott mikroszkopikus lebegő algák (fitoplankton) a vizet jelentős mértékben elszínezték, elsősorban a tó nyugati területén (ide torkollik

a legnagyobb vízhozamú befolyó, a Zala folyó). Napjainkban, köszönhetően a Balaton vízminőségét javító nagyberuházásoknak (lásd később), az algák mennyisége a Balaton nyíltvízi területein sehol sem haladja meg a fürdővízben megengedhető mértéket.

A tó mikroszkopikus algavilága

A mikroszkopikus algák a vízi életközösség nélkülözhetetlen elemei, a földi élet evolúciója során ezek a parányi élőlények teremtették meg oxigéntermelésükkel a magasabb rendű élet alapjait. A Balaton életében is nélkülözhetetlenek, a napfény energiájának kémiai energiává való transzformálásával (elsődleges szervesanyag termelés) teremtik meg az egész tavi ökológiai rendszer energetikai alapját (a parti öv növényvilágának produkciója a mindössze 5%-os területi arányából következően a planktonikus algák elsődleges szervesanyag termeléséhez képest elhanyagolható).

A Balaton fitoplanktonjának mennyiségi és minőségi viszonyait kielégítő pontossággal 1965-óta ismerjük. Ekkor kezdődött meg az MTA Ökológiai Kutatóközpont Balatoni Limnológiai Intézetben (akkori nevén: MTA Biológiai Kutatóintézete) a mai napig



1. ábra. A pikoalgák epifluoreszcens mikroszkópi képe. Az algasejtek sárga és vörös színben fluoreszkálnak pigment tartalmuk függvényében

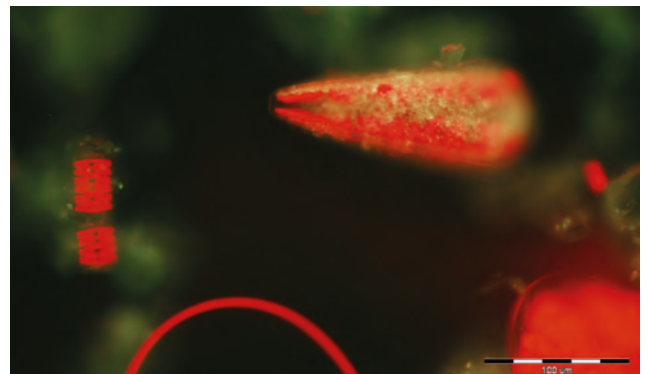
nemzetközi standard módszernek számító fordított planktonmikroszkópos eljárással a fitoplankton tömegének és összetételének a tó egész területére kiterjedő rendszeres vizsgálata (Tamás, 1974). Bár a mennyiségi algavizsgálatok már az 1930-as években elkezdődtek, a korábbi módszerek utólag nem megismerhető mértékben alulbecsülték a fitoplankton mennyiségét. Egyébként az algák összes mennyiségét a nemzetközi gyakorlatban rendszerint nem a nagyon munkaigényes mikroszkópi vizsgálattal állapítják meg, hanem a zöld növényi festékanyag, az a-klorofill műszeres mérésével, ami gyors, egyszerű és speciális szakértelmet nem igénylő eljárás. A két módszer eredményei egymásba átszámíthatók.

A mikroszkopikus algák mérete parányi voltak ellenére nagyon változatos, egy ezred millimétertől néhány milliméterig terjed. A Balaton legkisebb méretű, úgynevezett pikoalgái sejtjeinek átmérője mindössze 1-2 mikrométer, szemben a 100-200 mikrométeres fonalas kékalgákkal, a legnagyobb sejtű kova- és zöldmosszatok mérete eléri a 300 mikrométert, a legjellegzetesebb páncélos ostoros alga, a balatoni fecskemoszat is meghaladja a 100 mikrométert. A Balaton nyíltvízében legnagyobb tömegben kékmoszatok (kékalgák vagy cianobaktériumok), páncélos ostoros algák (pl. fecskemoszat) és kovamoszatok fordulnak elő. A kovamoszatok általában tavasszal, március és április hónapban tömegesek. A kékmoszatok – rendszerint a kovamoszatokat jelentősen meghaladó tömegű – elszaporodásának időszaka a nyár, ami szerencsétlen

módon egybeesik a tó legintenzívebb turisztikai igénybevételével. A Balaton uralkodó cianobaktérium fajai képesek a légköri molekuláris nitrogén megkötésére. Általános tapasztalat, hogy a kékalga-tömegtermékek kialakulása szorosan összefügg az időjárással és ezen belül is a vízhőmérséklet alakulásával. Feltehetően az egyes évek meteorológiai különbségei játszanak döntő szerepet abban, hogy azonos külső tápanyagterhelés mellett a tó algásodottságának mértéke egyik évről a másikra akár két-háromszoros különbséget mutathat.

A legparányibb algák

A bakteriális méretű algák felfedezése, széleskörű elterjedésük és jelentőségük megismerése negyedszázaddal ezelőtt alapjaiban változtatta meg ökológiai szemléletünket. Először az óceánokból közölték (Waterbury és mtsai., 1979), hogy vizükben nagy számban élnek bakteriális méretű (0,8-1,2 μm), korábban közönséges heterotróf baktériumnak tartott oxigéntermeléssel járó fotoszintézist végző parányi ún. pikoalgák (1. ábra). A világszerte megindult intenzív kutatások alapján hamarosan kiderült, hogy az oligotróf óceánokban és tengerekben ezek hozzák létre a fitoplankton elsődleges termelésének nagyobb hányadát. Felfedezésük azért váratott ilyen hosszú ideig magára, mert hagyományos fénymikroszkópi eljárásokkal nem detektálhatók, az epifluoreszcens mikroszkópi technika



2. ábra. Az üledékfelszínen élő kovamoszatok és fonalas algák képe fluoreszcens mikroszkópban (az algasejtek vörös színnel emelkednek ki a háttérből, amelyet üledékszemcsék alkotnak)

limnológiai alkalmazása vezetett felfedezésükhöz. A Balatonban és más hazai sekély állóvízben 1985-ben kezdődött meg kutatásuk (Vörös, 1987-1988).

Ma már tudjuk, hogy pikoalgák az év minden szakában jelentős egyedszámban fordulnak elő a Balaton egész területén. A fitoplankton összetételének



3. ábra. Az üledékfelszínről felszakadt algagyp 2015 nyarán. A telep átmérője mintegy 20 cm volt (Fénykép: Somlyai Imre)

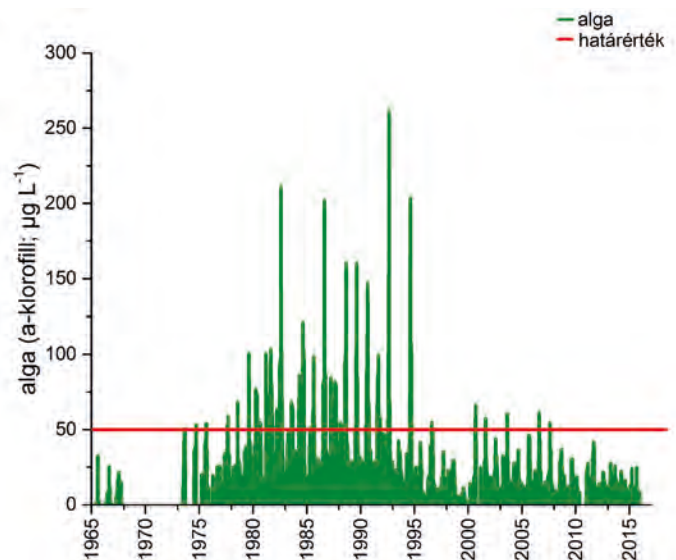
szezonális változása alapján megállapítható, hogy a pikoplankton részesezése a nyári fonalas nitrogénkötő cianobaktériumok tömeges megjelenése idején nagymértékben csökken. A fitoplankton elsődleges szervesanyag termeléséből a pikoalgák részesezése a legproduktívabb Keszthelyi-medencében kisebb, míg a kevésbé eutróf Siófoki-medencében tartósan magas (45-55%). Az a tény, hogy az elmúlt évtizedben a pikoplankton részesezése az elsődleges termelésből a tó nyugati területein jelentősen megnőtt, jelzi a Balaton vízminőségének javulását.

Algaélet a tavi üledék felszínén

Mikroszkopikus algák nem csak a tavak nyíltvizében, hanem víz alatti szilárd felületeken is élnek. Így van ez a Balatonban is, ahol a lebegő mikroszkopikus algák mellett nagyszámban találunk üledéklakó algákat (fitobentosz) és a parti kövek, nádszálak vízalatti felületeit is algabevonat (perifiton) borítja. A teljes tavi elsődleges termelés szempontjából egyedül a fitoplankton és a fitobentosz jelentősége számottevő, a nyári időszakban az előbbi adja a mikroszkopikus algák elsődleges termelésének mintegy háromnegyedét, utóbbi pedig majdnem a negyedét. Ennek ellenére a bevonatlakó algák szerepe a tó életében nem elhanyagolható, hiszen ahogyan azt Sebestyén Olga, a Balaton kiváló ismerője és élővilágának tanulmányozója írta: „Az alzat a víz alatt igen értékes, érte élénk versengés folyik.... a parti öv terített asztal a nyíltvíz halai számára” (Sebestyén, 1943). Ezért a víz alatti, megtelepedésre alkalmas felületek területének nagysága a rajta kialakult perifiton mennyiségének révén van hatással a fogyasztó szervezetek mennyiségére is.

Az üledéklakó algaflórát elsősorban 'nagytestű' kovamoszatok és fonalas algák alkotják (2. ábra). A fitobentosz mennyisége az üledékfelszínre érkező fotoszintetikus aktív sugárzás (400-700 nm) mennyiségével áll összefüggésben. A sekély és emiatt könnyebben felkeveredő Balatonban a mélyebb vízben gyakran nem jut elég fény az üledék felszínére, ezért csak kevés alga képes ott elszaporodni. A sekélyebb részekben azonban, különösen a déli parton, a homokos üledék felszínén, egy négyzetcentiméternyi területen több tízezer kovamoszat élhet, amelyet néha vörösbarnára is színeznek. A strandolók többsége nem is sejtí, hogy gazdag és változatos algagypen sétál.

Az elmúlt pár évben azonban – feltételezhetően a tó magasabb vízszintjének, illetve a hosszantartó, szélcsendes nyári időszakoknak köszönhetően – jelentősen változott a tó fényklimája és több fény jutott le az üledékfelszínre. Ennek látványos következményével 2015 augusztusában találkoztunk, amikor a hosszú szélcsendes időjárás elősegítette az üledékfelszínén egy vastag algagyp kifejlődését. A gypben zajló fotoszintézis



4. ábra. Az alga biomassza (a-klorofill koncentrációban kifejezve) hosszú távú változása a Balaton Keszthelyi-medencéjében és a fürdővizekre alkalmazott határérték (hazai előírások szerint cianobaktérium dominancia esetén egy természetes víz 50 µg/l a-klorofill koncentráció felett nem alkalmas fürdésre). Jól látható, hogy 1995-óta még a kékalgák nyári csúcsértékénél is csak elvétve és rövid időre haladta meg az a-klorofill koncentráció a fürdővízre kifogásolható mértéket

során termelődött oxigén buborékok formájában kivált és ezek a gázbuborékok a vízfelszínre emelték az algákat a hozzájuk tapadt üledékrészecskékkal együtt. Ezek a víz felszínén úszó pénzérme- vagy akár tenyérnyi méretű



5. ábra. A Balaton legtömegesebb fonalas nitrogénkötő kékalgája, a *Cylindrospermopsis raciborskii*. A fonal végén lévő gyertyaláng alakú képlet a légköri nitrogén megkötésére specializálódott sejt. A fonal hossza kb. 0,1 mm

algagyep darabok (3. ábra), a szél és az áramlatok hatására néhol összegyűltek, kellemetlenséget okozva ezáltal a strandolóknak.

A tó vízminőségének változásai

Az algák túlzott mértékű elszaporodása (eutrofizáció) jelentős ökológiai kockázattal jár és a vízhasználat számos módját megnehezíti vagy lehetetlenné teszi. A felszíni vizekben az algaszaporodást leggyakrabban a foszfor és a nitrogén mennyisége szabályozza. A nitrogén hiányát azonban a mérsékelt és a meleg égövön tenyésző nitrogénkötő kékalgák a légköri molekuláris nitrogén megkötésével kompenzálni tudják, ezért egyetlen tápelem, a foszfor az, amelynek túlkínálata nemkívánatos algásodáshoz vezethet. Így volt ez a Balaton esetében is a múlt század hetvenes éveinek végén és a nyolcvanas években (Herodek, 1979). A Zala folyón keresztül a Keszthelyi-medencét nagymértékű foszforterhelés érte, amelynek forrása elsősorban Zalaegerszeg városának nem kellő mértékben megtisztított háztartási és ipari szennyvize volt. A megnövekedett foszforterhelésre a Keszthelyi-medence algái azonnal reagáltak, annak növekedésével arányosan tömegük gyorsan gyarapodott. A nyolcvanas évek elejére az alga-biomassza elérte maximális értékét és ez gyakorlatilag a kilencvenes évek közepéig nem változott (4. ábra).

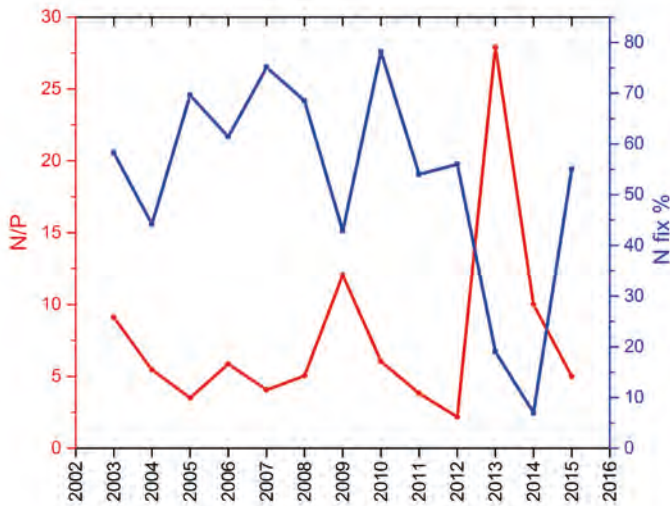
A Balaton vízminősége szempontjából nemcsak az jelentette a gondot, hogy a nyári hónapokban a legalgásabb a víz. A bajt az is tetézte, hogy ekkor a cianobaktériumok fordultak elő a legnagyobb tömegben, és az édesvízi algák közül éppen ezek az egyedüli toxintermelők. A cianobaktérium-toxinok nemcsak a vízi élővilágra hatnak, hanem az emberi szervezetre is veszélyesek lehetnek. A vízperemmel az orrba, szembe kerülő kékalgák nyálkahártya bántalmakat,

asztmatikus tüneteket okozhatnak. Fürdőzőknél bőrirritációt okozhatnak, a véletlenül lenyelt vízzel az emésztőrendszerbe kerülve lázat, hányást és hasmenést idézhetnek elő. Az első számú közellenség ebben az időszakban egy, a trópusi, szubtrópusi területeken honos fonalas kékalga, a *Cylindrospermopsis raciborskii* volt (5. ábra).

Joggal merült fel az a kényszerítő igény, hogy a Balaton algásodását csökkenteni kell, ha el akarjuk kerülni az ökológiai katasztrófát és meg akarjuk tartani idegenforgalmi vonzerejét. A tó foszforterhelését csökkentő nagyberuházásoknak ez volt a célja. A tó partján

6. ábra. A Balaton legtömegesebb páncélos ostoros algája, a fecskemoszat (*Ceratium hirundinella*). Mérete kb. 0,1 mm





7. ábra. Összefüggés a Zala folyón érkező ásványi nitrogén/oldott reaktív foszfor (N/P) terhelés (tonna/év) aránya és a fonalas, nitrogénkötő cianobaktériumok biomassza részesedése között a Keszthelyi-medencében (2003–2015). Jól látható, hogy a magas N/P arány a fonalas nitrogénkötő kéalgák részarányának csökkenését eredményezi

keletkező szennyvizek túlnyomó többségét még megtisztítva sem engedik a tóba, egy körcsatorna rendszer elvezeti azt a Balaton vízgyűjtőjéről. A Balaton vízgyűjtőterületén minden jelentős szennyvíztisztító elláttakfoszfor-leválasztó technológiai egységgel. Így történt ez a Balaton korábbi fő foszforterhelőjénél Zalaegerszegen is. A Nyugati-övcatorna vízgyűjtőjén létesült Marcali-víztározó és a Kis-Balaton tározórendszer is azzal a céllal létesült, hogy a Balaton külső foszforterhelését csökkentse. A tó vízgyűjtőterületén a nagyüzemi állattartó telepeken a hígtrágyás technológia megszüntetése is mérsékelte a külső terhelést. A Balaton foszforterhelésének csökkentéséhez hozzájárult még a rendszerváltást követő műtrágya-felhasználás csökkenése és a foszfátmentes mosószeres elterjedése is. Mindezek együttesen látványos és jelentős változást hoztak, elsősorban a Keszthelyi-medence vízminősége tekintetében (4. ábra).

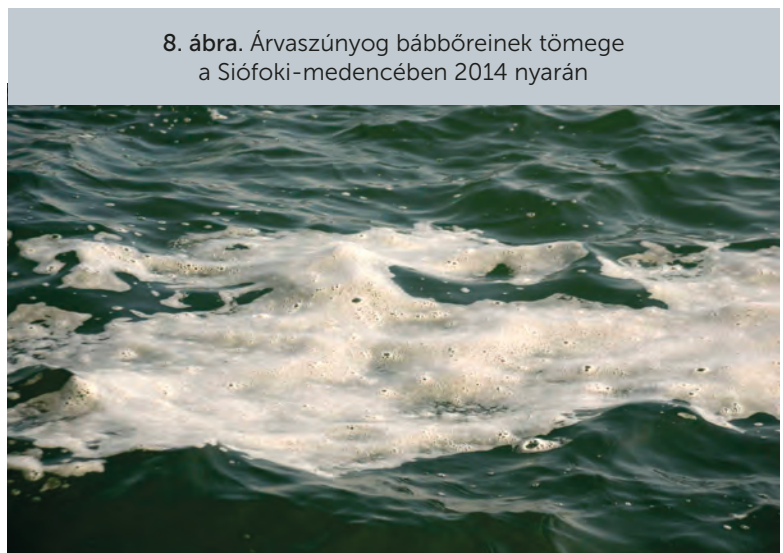
Az 1980-as évek közepéig a Zala folyó évente 100 tonna körüli összes foszfort szállított a Keszthelyi-medencébe, amely érték ezután jelentősen és gyorsan harmadára/negyedére csökkent az eutrofizálódást csökkentő nagyberuházások hatására. Az algák biomasszája közel egy évtizedes késéssel reagált erre a változásra, az üledékben felhalmozódott

és lassan kiürülő belső tartalékok miatt. Szerencsére a beruházások meghozták a kívánt eredményt, és ma már nyáron, a legnagyobb melegben sem képesek az algák kifogásolható mértékben elszaporodni a tóban (a hazai előírások szerint cianobaktérium dominancia esetén egy természetes víz 50 µg/l a-klorofill koncentrációt meghaladó algamennyiség felett nem alkalmas fürdésre). Látható, hogy amíg 1979 és 1994 között a tó legalgásabb területén, a Keszthelyi-medencében az algák mennyisége tartósan és jelentősen meghaladta ezt a határértéket (4. ábra), addig ezt követően mennyiségük csak elvétve, egy-egy alkalommal érte el ezt a határt, és még az aszályos években (2002, 2003, 2010) sem romlott a tó vízminősége. A tó keleti területei sokkal szerencsésebb helyzetben vannak, a Siófoki-medencében csupán egy évben, 1994-ben emelkedett az algák mennyisége a határérték fölé. A fentiek alapján kiemelendő, hogy a Balaton algásodása a foszforterhelést csökkentő beruházások eredményeként jelentős mértékben csökkent. Ez egy nemzetközi viszonylatban is jelentős környezetvédelmi sikertörténet, amely alapvetően a Balatoni Limnológiai Intézetben folytatott algaökológiai, foszforforgalmi kutatásokon alapult.

A kéalgák és a fecskemoszat „háborúja”

Az 1980-as években a fonalas nitrogénkötő kéalgák egyeduralma idején a korábbi időszakokban domináns fecskemoszatok (*Ceratium hirundinella*) gyakorlatilag kiszorultak a Balaton planktonjából (6. ábra). A vízminőség későbbi javulásával az algák mennyisége nagymértékben csökkent, nyaranta azonban továbbra is a fonalas nitrogénkötő kéalgák kizárólagos dominanciáját tapasztaltuk egészen 2012-ig. A következő nyáron ugyanis a fitoplankton összetétele jelentősen

8. ábra. Árvaszűnyog bábbőreinek tömege a Siófoki-medencében 2014 nyarán





9. ábra. A *Chironomus balatonicus* árvaszúnyog lárvája

megváltozott: a Keszthelyi-medencében évtizedek óta domináns cianobaktériumok egyeduralma 2013-ban megtört, és helyettük a balatoni fecskemoszat vált újra dominánssá. 2015 és 2016 nyarán azonban újra a cianobaktériumok kerültek előtérbe. Ezek a változások a tó nyugati területein (Keszthelyi-medence) különösen kifejezettek voltak.

A változások magyarázatát a külső tápanyagterhelés összetételének eltérései adják meg. Az algák testének felépítéséhez hatszor annyi nitrogénre van szükség, mint foszforra. Amennyiben nitrogénből kevesebb áll rendelkezésre, mint foszforból, akkor egyéb környezeti körülmények (elsősorban magas nyári vízhőmérséklet) fennállása esetén az algák pótolni tudják ezt a hiányt, oly módon, hogy a légköri molekuláris nitrogén megkötésére képes cianobaktériumok szaporodnak el. A Keszthelyi-medence legutóbbi történései jól példázzák ezt az összefüggést. A Zalán érkező, az algák számára felvehető nitrogén és foszforterhelés aránya az esetek többségében ezen arányszám alatt, vagy annak közelében volt, ami a kékalgáknak kedvezett. A 10 körüli és azt meghaladó N/P arány esetén azonban a kékalgák kompetitív előnye megszűnt. Ez a magyarázata a fordított összefüggésnek a kékalgák részesedése és a külső N és P terhelés aránya között a Keszthelyi-medencében (7. ábra). A Zala folyó balatoni torkolatában a nitrogén és foszfor arányt a Kis-Balaton tározórendszerben lejátszódó, a mai napig kéllően nem ismert, nitrogénvesztéssel járó mikrobiális folyamatok döntően befolyásolják, így a tározó végeredményben jelentős hatást gyakorol a Keszthelyi-medence és az egész Balaton vízminőségére is.

Árvaszúnyogok, halak és a vízminőség

Az árvaszúnyogok (Chironomidae), a kétszárnyúak rendjébe (Diptera) tartozó elterjedt és fajgazdag rovarcsalád. Tagjai a vízi életközösségek fontos részét képezik, a táplálékláncban betöltött meghatározó szerepük miatt. A fejlődési alakok közül a lárvák, mint haltáplálék jelentősek, a bábbőrök és az imágók pedig a madarak számára jelenthetnek táplálékbazist. A kifejlett egyedek élettartama rövid, szinte csak a szaporodásra korlátozódik. A nőstények tojásait közvetlenül a vízfelszínre vagy valamilyen szilárd felszínhez rögzítve rakják le, egyesével vagy csomókban, gyakran több száz tojást tartalmazó nyálkás burokban (Armitage et al., 1995). A kikelő lárvák négy stádiumon keresztül fejlődnek, ezután a lárva bebábozódik. Fejlődése végéhez közeledve a felszínre úszik, majd végül kibújik a szinte azonnal röpképes kifejlett egyed. A hátrahagyott bábőr még pár napig a víz felszínén lebeg, majd lebomlik. A kifejlett egyedek általában nektárt szívogatnak, vagy egyáltalán nem táplálkoznak; a vérszívás nem jellemző az árvaszúnyogokra.

Az azonos fajhoz tartozó árvaszúnyogok egyedei általában közel azonos időpontban bújnak ki és hatalmas rajokat képezve repülnek. A tömeges kirepülés során a fényre repülő kifejlett egyedek kellemetlenséget jelenthetnek az ember által lakott területeken, illetve az üdülőövezetekben (Armitage et al., 1995). Ez a zavarás olyan mértékű lehet, hogy már gazdasági és turisztikai problémákat is felvet. Másrészt az árvaszúnyogok kirepülését követően a víz felszínén visszamaradó nagy mennyiségű bábbőr, valamint a bábbőrök lebomlását kísérő habosodás szintén esztétikai (de nem egészségügyi) problémát jelenthet (8. ábra). Az árvaszúnyogok részletes vizsgálata 1997 és 2002 között 54 fajt mutatott ki a tóból, ám ezek legnagyobb része a tó egészéhez mérten kis területű part menti sávból került elő (Specziár és Bíró, 2000; Bíró és Specziár, 2001; Specziár et al., 2000, 2003). Ezzel szemben a tó nagy kiterjedésű nyíltvízi üledékében alapvetően három faj, a *Chironomus balatonicus*, a *Procladius choreus* és a *Tanytus punctipennis* bizonyult és bizonyul a mai napig a leggyakoribbnak (Specziár és Bíró, 2000; Specziár és Vörös, 2001; Specziár et al., 2003).

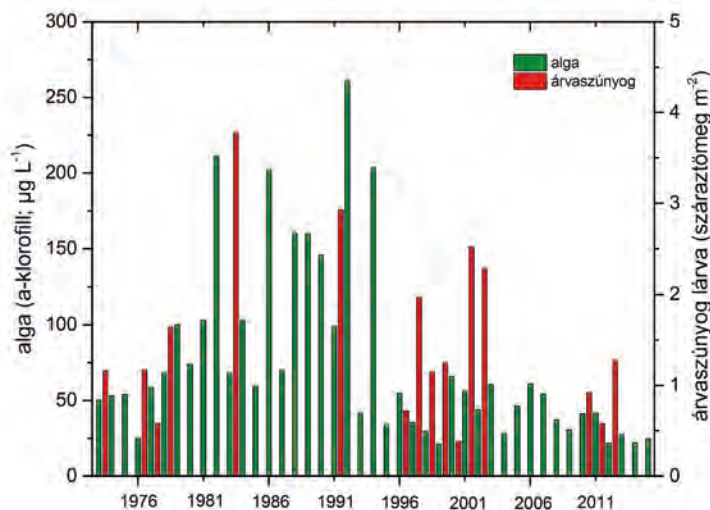
Az üledéklakó árvaszúnyog-lárvák biomaszájának éves átlaga az 1997 és 2002 közötti időszakban a Keszthelyi-medencében jóval meghaladta a tó többi területén mért értékeket, majd a biomasz kelet felé a Siófoki-medence irányába folyamatosan csökkent. Az árvaszúnyogok biomaszáját tekintve megállapíthatjuk, hogy az

elmúlt években (2010–2012) kisebb biomassza-értékek mérhetőek a tóban, mint az 1997 és 2002 közötti időszakban, legalábbis a tó nyugati területeire vonatkozóan. A nagyobb biomassza minden esetben a nagy testű *Chironomus balatonicus* lárvák (9. ábra) dominanciájával hozható összefüggésbe.

Fontos kutatási eredmény annak felismerése, hogy a lebegő mikroszkópikus algák mennyisége (a-klorofill koncentráció) és a domináns *Chironomus balatonicus* lárvák biomasszájának hosszú távú változásai a Balatonban párhuzamot mutatnak. Specziár és Vörös (2001) a Keszthelyi-medencére vonatkozóan szoros, pozitív összefüggést mutatott ki a késő nyári a-klorofill

A tó nyílt vizében a minden bizonnyal legfontosabb táplálékláncot a fitoplankton, a zoobentosz alkotó árszúnyog-lárvák és a halak alkotják. Ilyen egyszerű módon függ össze tehát az elsődleges szervesanyag-terhelés a halhozammal, a halászat és/vagy a horgászat eredményességével. A Balaton vízminőségének sokmilliárdos beruházások eredményeként létrejött látványos javulásával a turizmus és az ivóvízellátás az egyértelműen nyertes, a halak pedig egyértelmű vesztesek (kevesebb alga, kevesebb árszúnyog, kevesebb hal). Nem lehet azonban kétséges, akár csak üzleti szempontokból is, hogy a Balaton esetében a turizmusnak abszolút prioritást kell adni.

VÖRÖS LAJOS–TÓTH MÓNIKA–
SOMOGYI BOGLÁRKA



10. ábra. Az éves alga biomassza-maximumok (a-klorofill koncentráció) és az árszúnyog lárvák száraztömege a Keszthelyi-medencében 1973 és 2012 között. Jól látható, hogy az algák mennyiségének növekedésével az árszúnyog lárvák mennyisége is nőtt (1980-as, 90-es évek), majd ezt követően mindkettő jelentősen csökkent

koncentráció és az azt követő tavaszi árszúnyog lárvák biomassza között. Ezek alapján, átlagos időjárási viszonyokat feltételezve, nyárvégi fitoplankton adatokból mintegy 6–8 hónapra előre becsülhető az árszúnyog lárvák várható mennyisége. Összességében elmondható, hogy az árszúnyogok mennyiségi változása követte a táplálékul szolgáló algák mennyiségi változását és napjainkban csupán töredéke a néhány évtizeddel korábbinak (10. ábra).

A Balatonban, más sekély tavakhoz hasonlóan, az algák és a halak közötti táplálékosztály kapcsolat egyik kulcsfontosságú láncszemei az árszúnyog-lárvák.

IRODALOM

- Armitage, P., Cranston, P.S., Pinder, L.C.V., 1995. The Chironomidae. The biology and ecology of non-biting midges. Chapman & Hall, London 572 p.
- Bíró, K., Specziár, A., 2001. Adatok a Balaton árszúnyog (Diptera: Chironomidae) faunájához. Hidrológiai Közlemény, 81: 322–325.
- Herodek S., 1979. Eutrofizálódás, a Balatont fenyegető közvetlen veszély. MTA Biol. Oszt. Közl., 22: 323–336.
- Sebestyén, O., 1943. A parti öv jelentősége a tó életében. — Magy.Biol. Kut. Munk., 15:301-308.
- Specziár, A., Bíró, K., Bíró, P., 2000. A Balaton makrobentoszának felmérése. In: Somlyódi, L., Banczerowski, J., (szerk.): A Balaton kutatásának 1999. évi eredményei. MTA, Budapest, pp. 62–70.
- Specziár, A., Bíró, K., Bíró, P., Vörös, L., 2003. Az üledéklakó árszúnyog lárvák (Chironomidae, Diptera) anyagforgalmi szerepe a Balatonban. In: Mahunka, S., Banczerowski, J., (szerk.): A Balaton kutatásának 2002. évi eredményei. MTA, Budapest, pp. 109–117.
- Specziár, A., Bíró, P., 2000. Az üledéklakó árszúnyog (Diptera, Chironomidae) fauna területi megoszlása és rövid távú változásai a Balatonban 1995 és 1998 között. Állattani Közlemények, 85: 93–107.
- Specziár, A., Vörös, L., 2001. Long term dynamics of Lake Balaton's chironomid fauna and its dependence on the phytoplankton production. Archiv für Hydrobiologie, 152: 119–142.
- Tamás G., 1974. The biomass changes of phytoplankton in Lake Balaton during the 1960s. Annal. Biol. Tihany, 41:323-342.
- Virág, Á., 1998. A Balaton múltja és jelene. Egri Nyomda Kft., Eger, pp. 904.
- Vörös, L., 1987-88. Bakteriális méretű fotoautotrófikus szervezetek néhány sekély tóban. - Botanikai Közlemények, 74-75: 141-151.
- Waterbury, J. B., Watson, S. W., Guillard, R. R. L., Brand, L. E., 1979. Widespread occurrence of a unicellular, marine, planktonic cyanobacterium. Nature, 277: 293-294.