

A Balaton fitoplanktonjának dinamikája új megvilágításban – egy Európai Unió kutatási projekt eredményei

Első ábránk a fitoplankton négy csoportjának napi biomasza változását mutatja Keszthely előtt, a parttól 100 m-re. Az ábrához 27.580 mérési adatot használtunk föl. Ha hagyományos módon, mikroszkóppal számláltuk volna az algákat és méretüket is figyelembe véve becsültük volna biomasszájukat, több, mint 6 évnyi munkaóra lett volna szükség a minták feldolgozásához. Ha tehát folyamatosan figyeltük volna a változásokat, azaz naponta megvizsgáltuk volna az összes aznap vett mintát, 18 ember napi 8 órás erőfeszítésére lett volna szükség! Szerencsére egyre “okosabb”, számítógép vezérelte kutatóeszközeink ma már lehetővé teszik, hogy az ilyen “lehetetlen” feladatokkal is megbirkózzunk. A nagy időbeli felbontásnak persze ára van: miközben mi “csak” négy algacsoportot tudunk megkülönböztetni, az algológus egyetlen mintában több tíz, néha száznál több fajt jegyez föl.

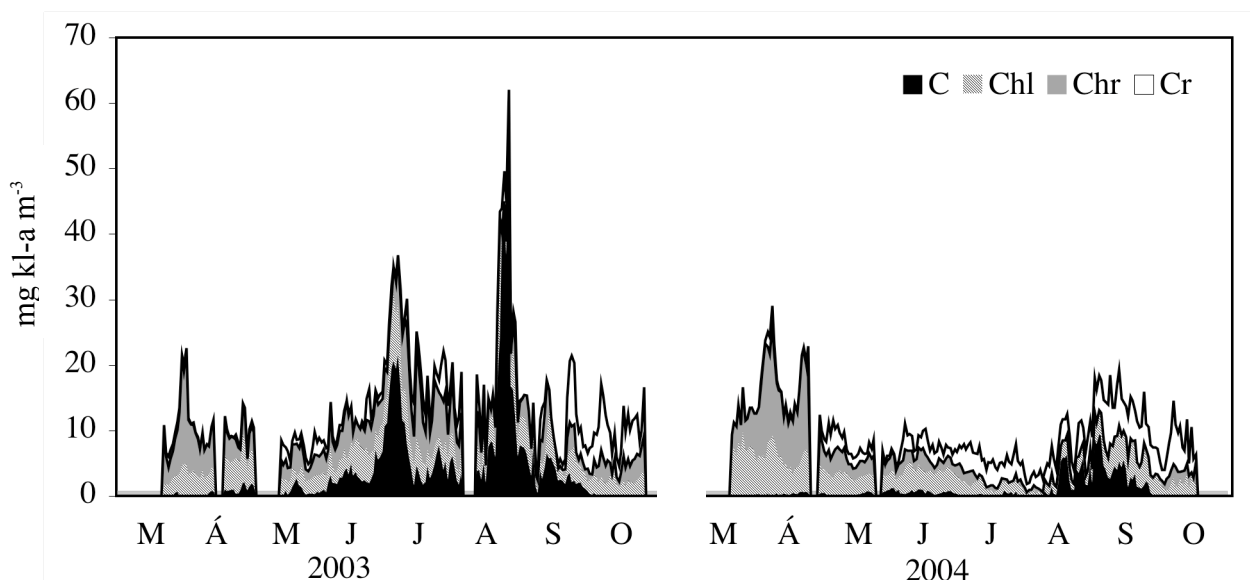
Kutatóeszközünk az on-line késleltetett fluoreszcencia (KF) spektroszkóp volt, melyet Dr. Gerhardt Volkmar fejlesztett ki a Regensburgi Egyetem Alkalmazott és Kísérleti Fizika Tanszékén. A spektroszkóp feltalálásához szükség volt arra a mély tudásra, melyet a fotoszintézis biofizikai, biokémiai, élettani hátteréről halmoztak fel a kutatók az elmúlt 100 évben. A módszer további előnye a hagyományos módszerekkel szemben, hogy csak az élő, aktívan fotoszintetizáló algákat érzékeli. Ez különösen fontos a sekély Balatonban, ahol az üledék felkeveredésekor sok elpusztult alga jut vissza a vízoszlopba. A négy algacsoport megkülönböztetését az teszi lehetővé, hogy fényelnyelő pigmentjeik különbözőek, ezért KF spektrumuk alakja is eltérő.

A KF spektroszkóp prototípusa egy EU5 kutatási projektnek (EVK1-CT-1999-00037; honlap: www.phyto-online.ocean.org.il) köszönhetően jutott a Balatonra, az izraeli Kinneret (Genezáreti)-tóra és a svéd Erken-tóra. A kapott műszer nem működött kifogástalanul, ezért számos saját fejlesztést

hajtottunk végre, amíg 2003-2004-ben csaknem folyamatosan tudtunk mérni. Terepi munkánkat a Miniszterelnöki Hivatal Balaton projektje is támogatta. A megfelelő értékeléshez szükséges kiegészítő laboratóriumi méréseket a Nemzeti Kutatási és Technológiai Hivatal finanszírozta, abban Dr. Hesham Shafik (MTA Balatoni Limnológiai Kutatóintézet) volt segítségünkre. A fitoplankton összetétele KF méréseink szerint jól egyezett a mikroszkópos algaszámlálással - az utóbbi adatok Dr. Padišák Judittól (Veszprémi Egyetem) származtak.

A laikus joggal kérdezheti: nem öncélú-e ilyen gyakorisággal vizsgálni a fitoplankton dinamikáját? Először elméleti, azután gyakorlati érvekkel igyekszünk bizonyítani, hogy nincs szó öncélúságról.

Ha egy tetszőleges folyamatot szeretnénk nyomon követni, nyilván annál gyakrabban kell megfigyelnünk a rendszer állapotát, minél gyorsabb a változás. A nagy társadalmi-gazdasági átalakulásokat aligha lehet évenkénti vizsgálattal megítélni, a tőzsdei árfolyamváltozásnál viszont az órási “mintázás” is túl ritka lehet. Szabályosan ismétlődő folyamatokról – például a csillagok konstellációjáról – ritkább mérésekkel is jól tájékozódhatunk, zajos folyamatok – például a Balaton szél keltette felkeveredésének – leírásához viszont gyakori mérések szükségesek. A Fourier-spektrum analízis olyan matematikai módszer, melynek segítségével felismerhetjük, hogy a vizsgált folyamatban vannak-e szabályos ismétlődések (periodicitás), és ha igen, akkor milyen időskálán. Igazolható, hogy ennél a karakterisztikus periódus-időnél legalább kétszer gyakrabban kell mintát venni ahhoz, hogy a folyamat valós dinamikáját megismerhessük. A fitoplankton össz biomasza változásának (1. ábra) Fourier analízisével kimutattuk, hogy a periódusidő 5-6,7 nap, azonos a biomasza megduplázódási idejével. A minimálisan szükséges mintavételi gyakoriság tehát a Balatonban 2-3 nap.



1. ábra. A fitoplankton összetételének és biomaszájának napi változása. C – cianobaktérium; Chl – “chlorophyta” (Chlorophyceae, Euglenophyceae és Conjugatophyceae); Chr – “chromophyta” (Bacillariophyceae, Chrysophyceae, Dinophyta, Xanthophyceae, Haptophyta); Cr – Cryptophyceae.

Az 1. ábrán jól látszik, hogy a rendkívül aszályos 2003-ban a tavaszi kovaalga csúcs lényegesen rövidebb ideig tartott, mint 2004-ben (a jégolvadás után néhány nap múlva jelentkező, 5 napig tartó 2003-as csúcst hagyományos módszerekkel talán észre sem vettük volna). A különbség oka az volt, hogy 2003 tavaszán a Zala sokkal kevesebb tápanyagot (elsősorban is kevesebb nitrogént) szállított a Balatonba, mint a következő évben.

2003 meleg nyarán éppúgy két cianobaktérium csúcs alakult ki, mint a nyíltvízben, vagy ahogy azt a Keszthelyi-medencében korábban is sokszor megfigyelték. 2004 nyarán azonban igen különös volt a fitoplankton összetétele: június végétől az ostoros algák váltak meghatározóvá, a cianobaktériumok nem tudtak érvényesülni. Az össz biomassza jóval kisebb maradt, mint a medence nyíltvízében. Az ok az volt, hogy mintavételi helyünkön a korábban is jelenlevő hínarak 2004-ben igen sűrű, 85% körüli borítottságot elérő állományt alkottak. A hínárnövényzet leárnyékolta a vizet és megakadályozta az üledék felkeveredését. A következtetés világos: a Balaton parti övének rehabilitációja nemcsak az ökológiai rendszer egészségesebb működését tenné lehetővé, hanem a fürdőzés körülményeit is javítaná.

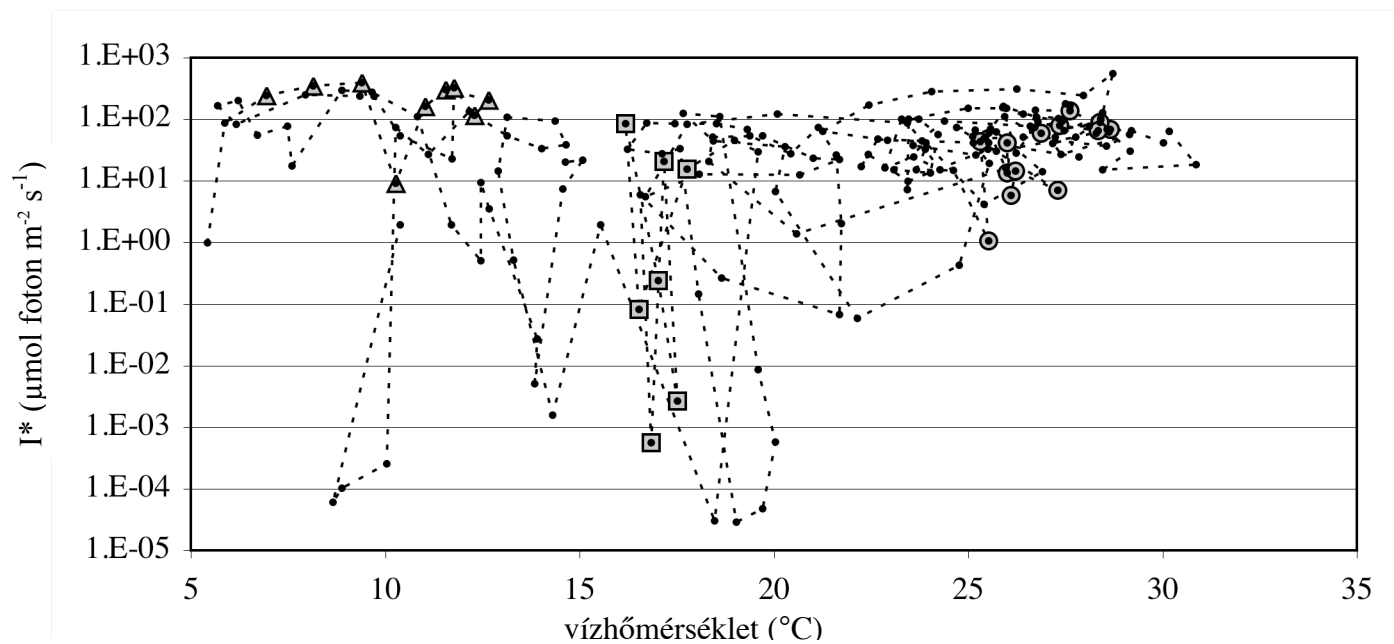
Ahhoz, hogy a fitoplankton finomabb változásainak okát is megérthessük, a környezet változásait is vizsgálunk kellett. A fitoplankton dinamikáját meghatározó legfontosabb tényezők a víz hőmérséklet, a víz alatti fényviszonyok, a különböző tápanyagok utánpótlása és az algákat legelő állatok szelektív táplálkozása. Sajnos ezek közül egyelőre csak az első két tényezőt tudjuk automatizált mérésekkel nyomon követni, de még így is érdekes új eredményeket kaptunk.

A 2. ábrán napi átlagok alapján felrajzoltuk hogyan változott a víz hőmérséklet (T) és a víz alatti fény (I^*) 2003-ban. Ebben a növekedés fizikai korlátait leíró térben elhelyeztük azokat a napokat, amikor valamelyik algacsoport biomasszája jelentősen és csaknem töretlenül növekedett néhány napig (a két cianobaktérium csúcs összeolvadt). A vizsgált időszaknak maxi-

mum 20%-a nyújtott valamely csoport számára kedvező feltételeket. A biomassza csúcsok tehát ritka, kivételes események, melyek a növekedési napoknak a $T-I^*$ térben való elhelyezkedéséből ítélve "szélsőséges", egyirányú szelektációs nyomást jelentő körülmények között alakulnak ki. Az idő 80%-a egyik csoportnak sem kedvezett igazán, jelezve, hogy a vízi közeg még a hányattatáshoz, gyors változásokhoz maximálisan alkalmazkodott fitoplanktonhoz is mennyire mostoha. A csúcsok kialakulását kevés változót tartalmazó, egyszerű modellel sikerült leírunk, a 80% köztes időszakban azonban kiszámíthatatlan véletlenek sora alakítja a fitoplankton változásait.

Padisák úttörő munkáiban kimutatta, hogy a mai ökológia egyik központi elmélete, a "közepes zavarás hipotézise" (KZH) jól magyarázza a felkeveredésnek, ennek a fényviszonyokat súlyosan rontó zavaró tényezőnek a hatását a balatoni fitoplanktonra. A KZH állítása szerint egy társulás faji sokfélesége akkor a legnagyobb, ha a zavarások frekvenciája közepes, azaz a biomassza duplázódási idejének 2-5-szöröse. Ritkább zavarások esetén a korlátozó tényezők száma által meghatározott, kevés fajból álló egyensúlyi társulás - sokszor monokultúra - alakul ki, gyakoribb zavarások pedig csak az ezt jól tűrő, gyorsan szaporodó, általunk "gaznak" és "kártévőnek" tekintett néhány faj találja meg a helyét. A zavarások társulásszervező erejének vizsgálata sajnos nem csupán elméleti megfontolásból került az ökológiai kutatás homlokterébe, hanem azért is, mert az antropogén hatások sokasága - az élőhelyek fizikai felszámolásától és a tápanyagterhelés növekedésétől eltekintve - a zavarások frekvenciájának vagy erősségének változásaként értelmezhető.

A KZH alkalmazásának egyik problémája az, hogy zavarásra általában csak a társulásszerkezet meghatározott irányú változásából tudunk következtetni, nem tudjuk azt közvetlenül, független módon mérni. Eredményeink lehetővé tették, hogy módszert javasoljunk a fitoplanktont érő zavarások mérésére. Ehhez a 2. ábrából indultunk ki. Itt az egyes napokat



2. ábra: A víz hőmérséklet és a vízszlop átlagos megvilágításának (I^*) napi változása, kiemelve azokat a napokat, amikor a cianobaktériumok (kör), a chromophyta (kovaalga, háromszög) és a meroplankton (négyzet) biomasszája tartósan és jelentősen növekedett.

összekötő szakaszok hosszúsága jól jellemzi a fizikai környezet stabilitását. A nyári cianobaktérium csúcsok stabil körülmények között fejlődnek ki, a felkeveredéskor az üledékből a vízbe jutó meroplankton értelemszerűen nagy instabilitáshoz kötődik. Feltételeztük, hogy bizonyos határ fölött a környezet gyors változása zavaró tényezőként hatva módosítja a fitoplankton összetételét. Ezután naponta összevetettük, hogy volt-e zavarás és változott-e a fitoplankton összetétele (3. ábra).

Az esetek többségében nem jelentkezett zavarás és nem változott az összetétel sem. A környezet persze soha nem volt ugyanolyan két egymást követő napon, ezeket a változásokat azonban az algák nyomtalanul "feldolgozták", jelezve a társulás stabilitását. Néhány hétnél, általában néhány napnál tovább azonban egyetlen társulás sem maradt változatlan. A szerkezetváltozások jelentős hányadát zavarások váltották ki, noha azok nagyobbik hányada a társulás belülről meghatározott autogén szukcessziójához kapcsolódott. A zavarás mérésére javasolt módszer alkalmasságát jelzi, hogy nagyon kevés esetben állapítottunk meg olyan zavarást, melyre a fitoplankton ne reagált volna.

Az elmondottak talán meggyőznek arról, hogy a nagy gyakoriságú mérések tényleg mélyebb betekintést engednek a fitoplankton dinamikájába. De mennyi idő kellene ahhoz, hogy a kutatás gyakorlati hasznát is élvezhessük? Nos, sok más alapkutatástól eltérően munkánkat könnyű lenne azonnal "pénzre váltani". Tegyük fel, hogy a Balatonon a mienkhez hasonló KF spektroszkóppal felszerelt mérőállomásokat üzemeltetnénk! A berendezést számítógép vezérli, így a mérési adatok az interneten keresztül azonnal hozzáférhetőek lennének. A fitoplankton biomasszája és összetétele az időjáráshoz hasonlóan jól előrejelezhető néhány napra, a mérési adatokat tehát rövid távú előrejelzésekkel is kiegészíthetjük. Már csak a Balatontól éppen távol maradni készülő német turistát kell magunk elé képzelnünk, aki arról értesül, hogy tavunk vize kellemesen meleg, minősége kitűnő, és a tervezett nyaralás idején nagy valószínűséggel az is marad. Lehet, hogy mégiscsak a Balatont választja? Az ötlet ma még talán csak sci-fi, technikai akadálya azonban már nincs!

Dr. Istvánovics Vera, Honti Márk és Osztóics András
BME Víziközmű és Környezetmérnöki Tanszék

		2003 N=182		2004 N=191	
		összetétel változás		összetétel változás	
		nincs	van	nincs	van
Zavarás	nincs	72	63	90	80
	van	•	44	•	19

3. ábra: Zavarások hatása a fitoplankton összetételére. (Szürke: zavarás nincs, társulás stabil; ferdén csikozott: autogén változás, szukcesszió; hullámvonalas: zavarásnak betudható változás; üres: hibás esetek).