

ISBN 978-963-8172-20-4

A CD lemez a Magyar Hidrológiai Társaság által 2007. július 4–5. között megrendezett XXV. Országos Vándorgyűlésre benyújtott előadásokról. 7. szekció, Vízbőlés

FITOBENTON VIZSGÁLATOK TANULSÁGAI A BALATON ÉS VÍZGYŰJTŐJE PATAKJAINAK PÉLDÁJÁN

ÁCS, É.¹, BORICS, G.², KISS, G.³, RESKÓNÉ, NAGY, M.³, VÁRBÍRÓ, G.²,
KISS, K.T.¹

1 – MTA ÖBKI Magyar Dunakutató Állomás, Göd; 2 – Tiszántúli KvVF, Debrecen;
3 – Közép Dunántúli KvVF, Székesfehérvár

Absztrakt

Az EU Víz Keretirányelve előírja a tagállamoknak a víztestek ökológiai állapotának megállapítását és a jó ökológiai állapot elérését 2015-re. A fitobenton egyike azon biológiai elemeknek, melyek vizsgálatát a VKI előírja. Jelentős mennyiségű cikk számol be bentikus kovaalgák vizsgálatáról az európai folyók vízminőségének monitorozása kapcsán, de a tavi fitobenton vizsgálatok ilyen eredményeivel jóval kevesebb cikk foglalkozik.

2006-ban két alkalommal, júniusban és szeptemberben gyűjtöttünk bevonat mintákat a Balaton 7 befolyójából és a tó 4 medencéjéből. A kovaalgákat roncsolt mintából az európai standard protokoll szerint (EN 14407, 2004), 400 valvát meghatározva fénymikroszkóppal vizsgáltuk, valamint pásztázó elektronmikroszkóppal kiegészítő taxonómiai vizsgálatokat is végeztünk. Az algavizsgálatokkal egyidejűleg vízkémiai vizsgálatok is történtek. A kovaalga indexeket az OMNIDIA 4.2. program segítségével számoltuk.

A Balaton nádbevonatának vizsgálatából összesen 162 kovaalga taxont határoztunk meg. Egyes vízkémiai paraméterek tekintetében a Balatonban határozott gradiens mutatkozott a Keszthelyi medencétől a Siófoki medencéig haladva (kifejezett Ny-K-i irányú csökkenés). Ilyen volt a foszfor és a szervesanyag tartalom mennyisége, mellyel a kovaalga indexek (azon belül is leginkább az IBD) szignifikáns korrelációt mutattak. Az IBD index értékei alapján jó vízminőségű a Balaton, kivéve a Zala torkolatát, ahol közepes. Nyáron a Szigligeti medence É-i részén (Szigligeti öböl) is rosszabb (közepes) vízminőséget tapasztaltunk.

A vizsgált patakok közül közepes vízminőségűnek találtuk a Tapolca-, Eger- és Lesence-patakot, a többi patak jó vízminőségű volt a bentonikus kovaalgák alapján, de őszre minden esetben kissé romló vízminőséget mutattak az indexek.

Bevezetés

Az EU Víz Keretirányelvéhez (VKI, European Parliament, 2000, directive 2000/60/EC) kapcsolódó vizsgálatok közül napjainkban az EU számos országában a bevonatlakó kovaalgák vizsgálatán alapuló módszert tartják a legmegfelelőbbnek a vízfolyások ökológiai állapotának jellemzésére és értékelésére.

Hazánkban a 60-as évek végétől az EU csatlakozásig (2004) csak sporadikusnak lehet tekinteni a bevonatalkóalga vizsgálatokat s ezek is elsősorban a nagy folyók vizsgálatát célozták. Noha a 60-as éveket megelőzően nem volt számottevő a bevonatvizsgálat, forrásokat, ercskéket, patakokat gyakran vizsgáltak (CHOLNOKY 1933, SZEMES 1931, 1947, 1948, 1957, TAMÁS 1957, UHERKOVICH 1976). Ez a „hagyomány” hosszú évtizedeken át gyakorlatilag szünetelt, majd később PADISÁK irányította ismét rá a figyelmet a kis vízfolyások kovaalga közösségei vizsgálatának a fontosságára. Egy éven keresztül több alkalommal és több mintavételi ponton (9 az Aszófői és 11 az Örvényesi-Séd esetében) vizsgálták PÓR et al. (2000) az Aszófői-Séd és SÁRA et al. (2000) az Örvényesi-Séd (Pécsely-patak) kovaalga közösségének összetételét, elsősorban florisztikai szempontból. KOVÁCS et al. (2004) Balaton környéki kis vízfolyások: a Csupaki-Séd, Pécsely-patak, Koloska-patak, Kéki-patak, Horogi-Séd, Szőlősi-Séd, Hévíz-Páhoki csatorna, összesen 51 pontján, 2002 áprilisában gyűjtött minták kovaalgáit vizsgálták. A florisztikai összetétel mellett elemezték a mintavételi helyek közti diverzitás és fajszám különbségeket, dominancia (relatív egyedszám) viszonyokat. A fajszámokat elemezve megállapították, hogy a forrástól a torkolatig általános fajszám növekedés tapasztalható, a közbülső kiugróan magas értékek valószínűleg a patakba jutó lokális szennyezések következményei. Ha nem is számoltak még kovaalga indexeket, ezek a megállapítások már mindenképpen a bentonikus kovaalgák vizsgálatán alapuló vízminősítés felé mutatnak.

Noha a kovaalgák vizsgálata része volt a Nemzeti Biodiverzitás Monitorozó programnak (ÁCS & KISS 1997, KISS & ÁCS 1997), Magyarországon csak a 2004. évi EU csatlakozásunk után erősödtek fel a VKI által előírt ökológiai vízminősítéssel összefüggő bentonikus kovaalga vizsgálatok. Számos cikk jelent meg ebben a témakörben (ÁCS et al. 2004, 2006, SZABÓ et al. 2004, KOVÁCS et al. 2005, 2006, PADISÁK et al. 2006, VÁRBÍRÓ et al. in press). 2005-ben egy nagy projekt (ECOSURV) keretében mintegy 400 vízfolyásunk ökológiai minősítését végeztük el bentonikus kovaalga vizsgálatok segítségével, melyek eredményéről folyamatosan születnek a publikációk (STENGER-KOVÁCS et al. 2006a, SZILÁGYI et al. 2006). Felerősödtek a fajok indikátorértékeire vonatkozó hazai kutatások is (STENGER-KOVÁCS et al. 2006b), melyek a kovaalga indexek jobb használatának lehetőségét terjesztik ki az egyes ökorégiókban.

2007-re már szinte mindegyik EU tagországban elkészült, vagy elindult a saját nemzeti biomonitorozó rendszer VKI szerinti kidolgozása, melynek egyik eleme a bentonikus kovaalgák vizsgálata lett. Ez alapján pedig elindulhatott a feltáró monitorozás. Legtöbb EU országban a vízfolyások bentonikus kovaalga alapú minősítésére alapvetően az IPS index értékeit veszik figyelembe (pl. Spanyolországban {BLANCO et al. 2007}, Szlovákiában {HLÚBIKOVÁ et al. 2007}, Lengyelországban {PICIŃSKA-FAŁTYNOWICZ 2007}, valamint hazánkban is ezt tartották a legalkalmasabbnak a 2005-ben elvégzett ECOSURV vizsgálatok során {van DAM et al. 2007}).

Magyarországon a tavi bevonat vizsgálatok, hasonlóan az európai helyzethez, jelentős lemaradással küzdenek, különösen a vízminősítési vonatkozások tekintetében. LAKATOS (pl. LAKATOS et al. 2006) kidolgozott egy új minősítő rendszert, mely tavakban és folyókban is jól használható az ökológiai állapot vizsgálatára. Egyedüli hátránya a VKI szerinti alkalmazásának, hogy nem taxonómiai paramétereket vizsgál, u.n. NTPI (nem taxonómiai paraméter index) alapján történik a minősítés, holott az EU VKI előírja, hogy a vizsgált élőlénycsoportok fajösszetételének és mennyiségi viszonyainak a megállapításán keresztül kell elvégezni a minősítést. Véleményünk szerint hasznos kiegészítője lehet a taxonómiai paramétereken alapuló minősítéseknek, sajnos azonban a két rendszer együttes

alkalmazása és az eredmények összevetése mindezekig még nem történt meg. Az NTPI alapjainak lerakása messzire nyúlik vissza. Különböző trofitású kis vízterekben növénygyékényről gyűjtött bevonat vizsgálatának eredményéről számol be (LAKATOS 1978) abból a szempontból, hogy hogyan függ össze a bevonat összetétele a trofitással. A Balaton nád-perifitonjának kémiai összetételét elemezte (LAKATOS & BÍRÓ 1991) a Kis-Baltoni védőrendszer üzembe helyezése előtti és utáni időszakban, majd összehasonlította a baltoni nád és kőbevonat összetételét és mennyiségét (előbbit az egyes algacsoportok aránya és a heterotróf szervezetek, utóbbit az a-klorofill és a száraz tömeg alapján). Kimutatta, hogy a baltoni nádbevonat jelentős részét kovaalgák alkotják, a klorofill tartalomban pedig jelentősen csökkenő tendenciát talált a Keszthelyi öböltől a Fűzfői felé haladva, különösen nyáron. (LAKATOS et al. 2001). Baltoni és Velencei-tavi zöld nád és avas nád bevonatának elemtartalmát összehasonlítva a nád elemtartalmával szignifikáns pozitív korrelációt talált a zöld nád esetében, míg az avas nádnál nem talált szignifikáns korrelációt (LAKATOS 1983). A Kis-Baltoni védőrendszer nádas területén vizsgálta a bevonat összetételét és elemtartalmát. Növekvő tendenciát állapított meg a bevonat foszfortartalmában, ami mutatja a bevonat fontos foszfor visszatartó szerepét (LAKATOS et al. 1998). Később ezeket a vizsgálatokat a Kiskörei tározóra is kiterjesztette (KISS et al. 2003). Megállapította, hogy az algaközösség összetétele nagyobb mértékben reflektál az adott mintavételi hely környezeti paramétereinek változásaira, mint az alzatul szolgáló növény típusára. Az emergens makrofitonon kialakuló algaközösség időben relatíve stabil. A Kiskörei tározóban a bevonat hamu tartalma nagyobb volt, mint a Kis-Balatonon.

Szikes tavaink (elsősorban a Velencei-tó és a Fertő) bevonatkutatása egyéb tavainkhoz képest szerencsére bővelkedik eredményekben, melynek felsorolása meghaladná e dolgozat kereteit.

A Balaton perifitonkutatásainak első kezdeteit taxonómiai szempontból ISTVÁNFFY (1891, 1894, 1896) adatai jelentik, aki néhány algánál azok előfordulására is utal a perifitonban. CHOLNOKY (1929) a perifiton kovaalga-részarányával foglalkozott. Ezután hosszabb szünet következett, majd TAMÁS (ENTZ et al. 1963, Tamás 1967, 1968, 1971, 1974) folytatta a Balaton recens bevonatvizsgálatát, mely alapvetően bentosz vizsgálat volt. UHERKOVICH a baltoni nádas perifitonjának vertikális eloszlását és a baltoni üledék bevonatát is tanulmányozta (UHERKOVICH 1988, 1996, 1998, UHERKOVICH & LANTOS 1987, UHERKOVICH & CSERMÁK 1992). Valószínűleg szintén bevonatot vizsgált GALLIK (1926) is a Balatonban, de a cikkből sajnos nem derül ki, hogy honnan származott az a kovaalgákban gazdag anyag, amiről írt. A Balaton recens fenéküledékének vizsgálatát TAMÁS és UHERKOVICH méltó követőjeként VÖRÖS (VÖRÖS et al. 2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006) folytatta. Megállapította, hogy a fitobentosz biomaszájában nyugat-kelet irányú csökkenés figyelhető meg a Balatonban, valamint a déli parton nagyobb biomaszák mérhetők. A baltoni fenéküledék legtömegesebb faja a *Fragilaria construens*, de egyéb *Fragilaria* fajok is nagy számban fordulnak elő (pl. *F. brevistriata*, *F. leptostauron* var. *marty*). A kovaalgák mellett a cianobaktériumok mennyisége is jelentős (biomaszájuk 10% körüli), ezek egyértelműen a fenéküledék önálló tagjai, nem pedig a planktonesőből származnak. A fitoplankton és a fitobentosz együttes produkciója alapján a déli part sekély vízterei hipertróf termelésűek. A fitobentoszban élő kovaalgák extracelluláris poliszacharidjainak mennyisége a keresztszelvények mentén nem mutatott egyértelmű változást. BÁNYÁSZ et al. (2005, 2006) a baltoni fitobentosz összetételének és egyedszámának mélység szerinti és napszakos változását vizsgálta. Megállapították, hogy az üledékben 9 cm mélyen is találhatóak élő kovamoszatok, vertikális migrációjuk az üledékben pozitív fototaxist mutat. A migráció sebessége meghaladja az 1.4 mm/órát. KOVÁCS et al.

(2004, 2005) a Balaton litorális zónájában (különösen a sekélyebb déli parton) esetenként tömegesen elszaporodó *Cladophora* fonalas zöldalga fotoszintézisének hőmérséklet és fényfüggését vizsgálták. Megállapították, hogy a faj tömeges megjelenését az alacsony vízállás és a magas vízhőmérséklet (30 °C-ot meghaladó) váltotta ki, és nincs összefüggésben külső szennyezéssel. A nagy tömegprodukciónak kialakulását az is segíti, hogy még direkt napfényen sem következik be fotoszintézisének fénygátlása.

Jelen munkánk célja volt az EU-VKI monitorozás kialakítása a bevonatlakó kovaalga-együttesek figyelembevételével a Balatonon és vízgyűjtőjén, beillesztésük a későbbi évek vizsgálati programjába.

A munka során a következő kérdésekre kerestük a választ:

- 1.) Hány mintavételi helyet célszerű a jövőbeli monitorozáshoz választani és melyek legyenek azok?
- 2.) Milyen módszerrel (elsősorban milyen alzat típusról) javasolható a gyűjtés?
- 3.) Milyen gyakoriságú mintavételezésre van szükség?
- 4.) Mely minősítés javasolható az ökológiai állapot leírásához?

Anyag és módszer

2006-ban két alkalommal, júniusban és szeptemberben összesen 21 fitobenton mintát gyűjtöttünk a Balaton 4 medencéjéből, valamint 7 befolyóból további 23 mintát.

A Balaton esetében zöld nád száráról, a befolyók esetében, ahol lehetett kőről, ahol ez nem állt rendelkezésre, ott makrofitonról gyűjtöttünk. A mintavételek idejét, helyét és az alzattípusokat részletesen az 1. és 4. táblázat tartalmazza.

A kovaalgákat roncsolt mintából az európai standard protokoll szerint (EN 14407, 2004), 400 valvát meghatározva vizsgáltuk. A kovaalga indexeket az OMNIDIA 4.2. program segítségével számoltuk (LECOINTE et al. 1993, 1999). A tavi minták esetében MSZ ISO 10260:1993 útmutatásai szerint meghatároztuk az a-klorofill tartalmat.

A nehezen meghatározható kovaalga taxonokat scanning elektronmikroszkóppal (HITACHI S 2600-N) is megvizsgáltuk a pontosabb meghatározás kedvéért. Az algaszámolást OLYMPUS IX-71 fordított fénymikroszkóppal végeztük.

A SOM klaszteranalíziséhez a K - átlag módszert használtuk. Ez az algoritmus az SOM-mal készült egységeket (cellákat) a taxon mintázatuk alapján K számú csoportba rendezi. Az Önszervező Térképek a SOM Toolbox (<http://www.cis.hut./projects/somtoolbox>) programcsomag segítségével készültek MATLAB fejlesztői környezetben. Az Önszervező térkép (SOM) a KOHONEN (2001) hálózatok, nem ellenőrzött tanítású neurális hálózatok csoportjába tartozik. Az ilyen felépítésű rendszerek abban különböznek a megszokott neurális hálómodelltől, hogy a tanítás során nem bemenet/kimenet párokat, hanem csak a bemenő vektorokat adjuk meg, és a háló maga ismeri fel az adatok strukturáltságát, előzetesen kapott információk nélkül. Ezt a neurális hálózati típust használtuk az epifiton

minták elemzése során

A SOM analízis során az n dimenziós adatmátrixot szabályos kétdimenziós tömbökre képezzük le, és a leképezés eredményét grafikusán és numerikusan ábrázoljuk egy hexagonális térképen. A hasonló taxonmintázatú közösségek egymáshoz közeli, míg a különbözőek ezektől távolabbi hexagonokba (cellákba) kerülnek.

A SOM mind a minták mind az egyes fajok előfordulását meg tudja jeleníteni a térképen így a fajoknak a mintázat kialakító szerepe is értékelhető. A kimeneti térkép hexagonjainak száma meghatározó eleme az analízisnek ezért ennek meghatározását VESENATO (2000)

alapján a : $N_{\text{kimeneti hexagonszám}} = 5 \times \sqrt{N_{\text{min taszám}}}$ képlettel számoltuk ki. A durva tanulási fázis 2000 a finomhangolás pedig 8000 iterációs lépést tartalmazott.

Az indikátor fajok megadására az un. Strukturális Indexet (SI) használtuk, mely segítségével meghatározhatók azok a fajok amelyek a legnagyobb hatással vannak a SOM tipológiájának a kialakulásában (PARK et al. 2005). TISON et al. (2004) arra használta ezt az indexet, hogy a reláváns kovaalga fajokat megadja egy egy SOM által generált közösség esetén. A magas SI indexű taxonokat indikátor fajoknak is tekinthetjük Minél nagyobb az index annál relevánsabb az adott taxon a SOM struktúrájának szempontjából.

Eredmények és értékelésük

1. Balaton befolyóinak vizsgálati eredményei és értékelésük

A Balaton befolyóiból összesen 197 kovaalga taxont határoztunk meg. Az ábrákon használt rövidítések jegyzéke és a patakok minősítése az 1. táblázatban található.

1. táblázat. Az ábrákon található rövidítések jegyzéke (N=nyári, Ö=őszi mintavételi időponthoz tartozó minták, *=nem értékelhető a kevés alga miatt)

Vízfolyás neve	Mintavételi hely	Rövid név	IPS érték	TDI/%PTV értékek	Minősítés IPS alapján	Kiegészítő megjegyzés TDI (%PTV alapján)
Vázsonyi-SédN	Pula	Vás-P	16.9	69.3/0.9	jó	
Burnot-patakN	Ábrahámhegy	Bur-N-Á	18.3	45.2/0.0	kiváló	
Burnot-patakÖ	Ábrahámhegy	Bur-O-Á	15.9	70.9/2.1	jó	
Lesence-patakN	Lesencetomaj	Les-N-L	17	45.2/4.5	jó	
Lesence-patakÖ	Lesencetomaj	LES-O-L	11	81.8/0	közepes	
Lesence-patakN	71-es	Les-N-71	13.8	69.4/5.1	jó	
Lesence-patakÖ	71-es	Les-O-71	6.6	66.3/11.3	tűrhető	
Tapolca-patakN	Raposka	Tap-N-R	11.5	51.3/28.3	közepes	Szerves szennyezésre utal
Tapolca-patakÖ	Raposka	Tap-O-R	10.3	82.4/58.7	közepes	Szerves szennyezésre utal
Tapolca-patakN	71-es	Tap-N-71	14.2	56.3/7.3	Jó	
Tapolca patakÖ	71-es	Tap-O-71	13.2	70/14.6	Jó	
Kétöles patakN	71-es	Két-N-71	16.6	49/5.4	Jó	

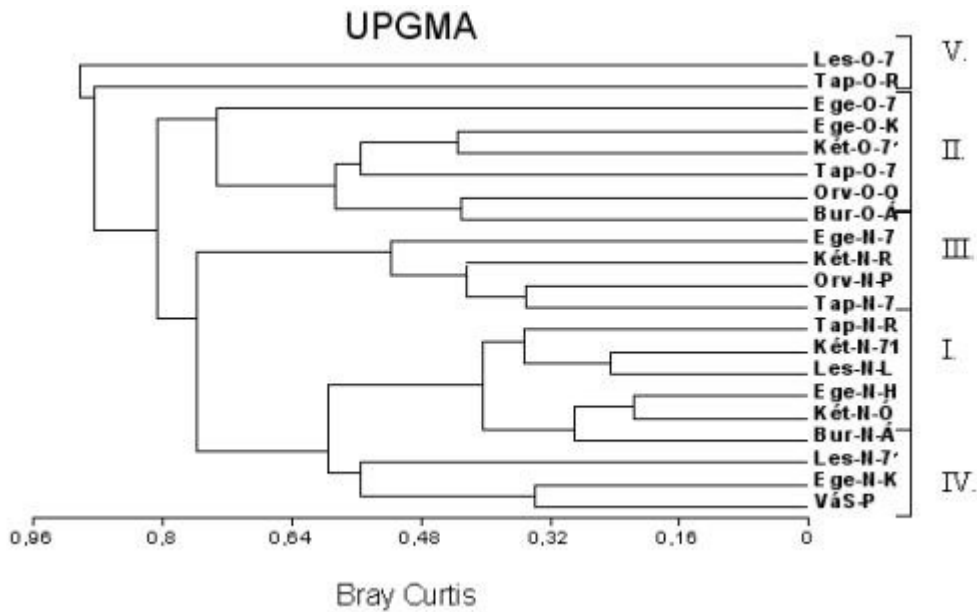
Kétöles patakŐ	71-es	Két-O-71	15.1	77.8/4	Jó	
Kétöles patakN	Ódörögdi	Két-N-Ó	18.1	41.9/0.9	Kiváló	
Kétöles patakN	Raposka	Két-N-R	15	52/2.8	Jó	
Eger-vízN	Hegyess	Ege-N-H	17.8	30.8/1.9	kiváló	
Eger-vízN	Kapolcs	Ege-N-K	16.5	71.9/3.5	Jó	
Eger-vízŐ	Kapolcs	Ege-O-K	13.7	81.7/2.2	Jó	
Eger-vízN	71-es út	Ege-N-71	13.8	58.5/5.8	Jó	
Eger-vízŐ	71-es út	Ege-O-71	12.4	67.5/5.4	Közepes	
Örvényesi SédN	Pécsely	Orv-N-P	15.8	58.3/1.7	Jó	
Örvényesi SédN	Örvényes	Orv-N-O	*	*	*	
Örvényesi SédŐ	Örvényes	Orv-O-O	15.2	80.3/2.7	jó	

A balatoni befolyók vizsgálatánál a cluster analízis és a SOM elemzés, mely a fajok fontosságát is figyelembe vevő módon csoportosítja a mintákat, 5 csoportot különített el (1., 2. ábra). Feltűnően jól elkülönültek a nyári és az őszi minták. Ebből egyértelműen lezűrhető, hogy a két mintavételi időszakra mindenképpen szükség van. A Kétöles patak 71-es úti és ódörögdi mintavételi helye összevonható, a többi külön mintázandó. Az 5 klasztercsoportot a következők jellemzik:

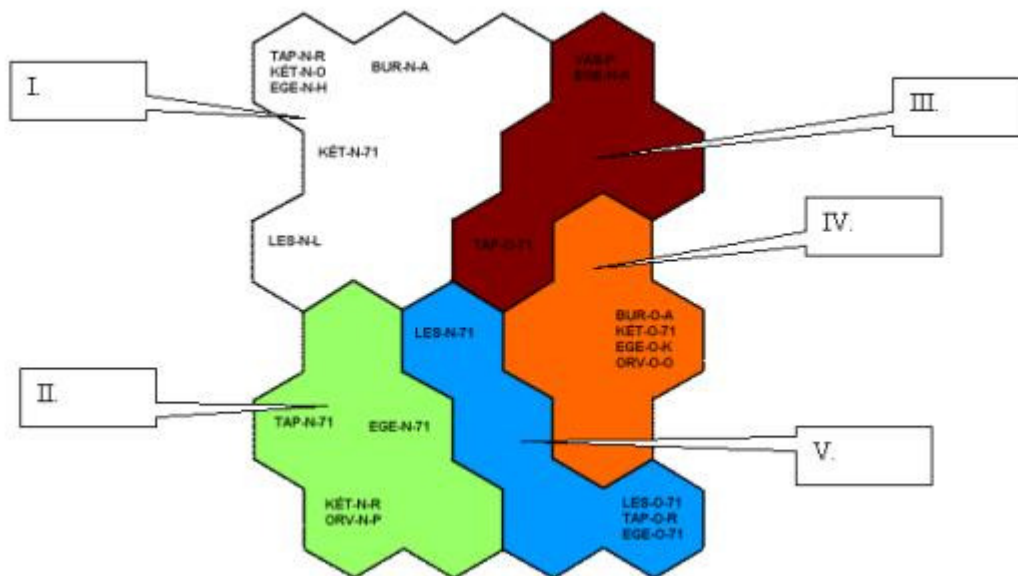
I., II., csoportot kis növényi tápanyag kínálat (alacsony nitrát és foszfát értékek) jellemzi, amivel összhangban van az IPS és TDI index értéke, mely jó vízminőséget (TDI kis mértékű szerves szennyezést) mutat (3., 4., 5. ábra). Ezekbe a csoportokba nyári minták tartoztak.

A IV. csoportot nagy nitrát, de kis foszfát tartalom jellemezte és az őszi minták tartoztak ide. Az IPS index jó vízminőséget, míg a TDI index erőteljes szerves szennyezést jelzett.

A III. és V. csoportot nagy növényi tápanyag kínálat jellemez (közepes illetve magas nitrát és foszfát értékek), melyek közül az V. csoportban az IPS index értéke közepes vízminőséget mutat, a TDI erőteljes szerves szennyezést, a III. csoportban az IPS index értéke jó vízminőséget, míg a TDI erőteljes szerves szennyezést jelez. A III. csoportba a nyári, az V. csoportba az őszi minták tartoztak. SOM elemzéssel megállapítottuk az egyes csoportokra jellemző fajokat, karakter fajokat (2. táblázat, 6. ábra). Ez alapján az *Amphora pediculus* (APED) egyértelműen a nagyobb, míg az *Achnanthydium minutissimum* var. *minutissimum* (AMIN) inkább a kisebb növényi tápanyagkínálatú vizek karakterfaja volt.



1. ábra A Balatoni befolyók cluster analízisének dendrogramja (rövidítések ld. 1. táblázat).



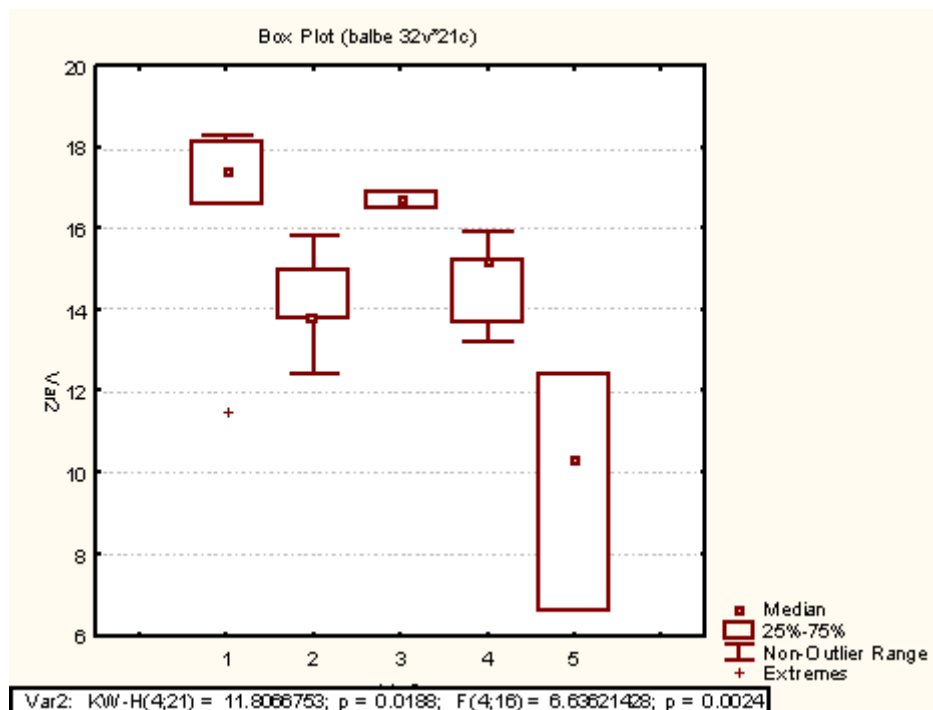
2. ábra A minták csoportosulása a SOM elemzés során (rövidítést ld. az 1. táblázatban).

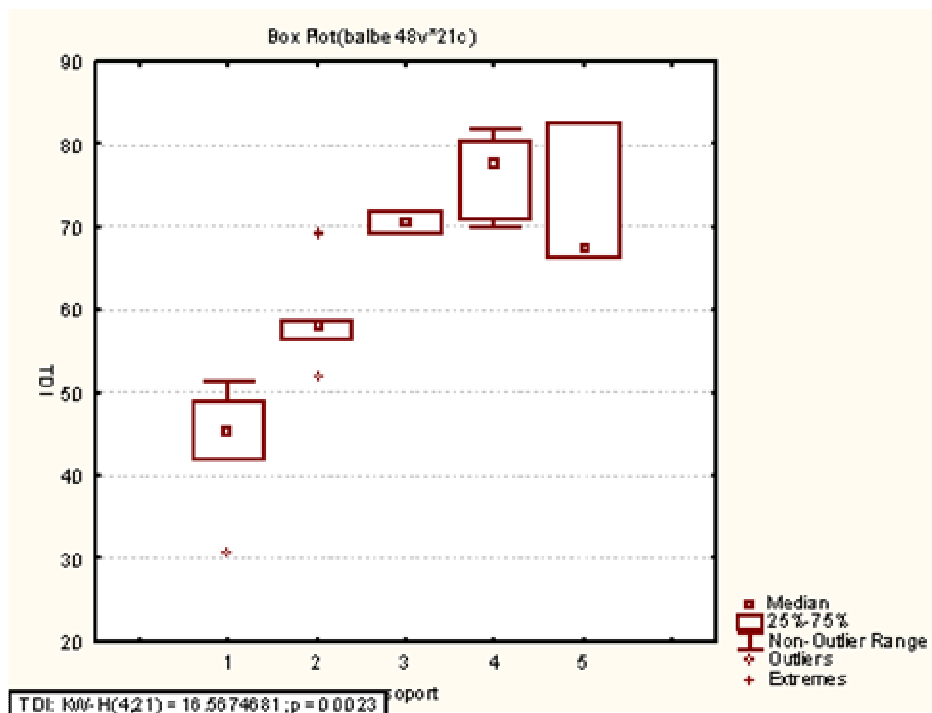
A Vázsonyi-Séd a nyári mintavételkor eléggé hordalékos volt, esős időszak előzte meg a vízgyűjtőn a mintavételt. Emellett a mintavételi hely félig zárt gyertyános-bükkösben volt, vagyis meglehetősen árnyékos helyen, feltehetőleg ezért nem sikerült itt megfelelő bevonatot gyűjteni. Ez lehet oka a nagy nitrogén és foszfor tartalom ellenére kapott magas IPS értéknek, így ezt az eredményt célszerű figyelmen kívül hagyni. Ugyancsak erőteljesen árnyékos volt az Eger-víz kapolcsi mintavételi területe is, ez lehet a magyarázat a nagy nitrát és foszfát tartalom ellenére magas IPS értékeknek. A Kétöles-patak vizének barnás színe huminsavak jelenlétére utal, emiatt itt az indexek esetleg nem a valós vízminőséget mutatják, itt több vizsgálatra van még szükség.

A Burnót-patak mindkét mintavételi helyen jó vízminőségű. A Lesence-patak Lesencetomajnál jó, de a 71-es útnál közepes/elfogadható vízminőségű. A Tapolca-patak minden mintavételi helyen és időben közepes vízminőségű, szervesanyagban gazdag patak képét mutatta. Az Eger-víz Kapolcsnál nyáron jó, ősszel közepes vízminőségű, Hegyesdnél jó vízminőségű, kis szervesanyag tartalmú, a 71-es útnál mindkét időszakban közepes vízminőségű. Az Örvényesi-Séd mindkét mintavételi helyen jó vízminőségű.

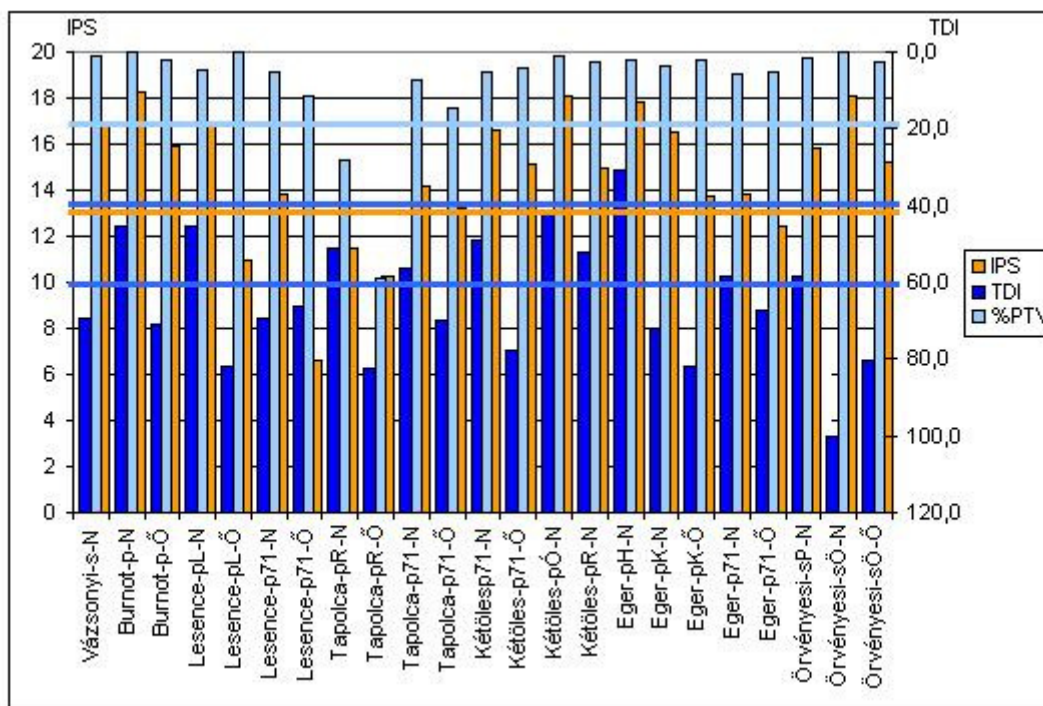
Az OMNIDIA által számolt kovaalga indexek közül elsősorban a TDI mutatott szignifikáns korrelációt a legtöbb kémiai paraméterrel (3. táblázat), azon belül is a nitráttal, de az IPS átlagok is a cluster csoportokra jellemző értéket mutatnak, az eltérés $p < 0,05$ szinten szignifikáns (3. ábra). A balatoni befolyók esetében úgy tűnik, hogy a nitrát a fő hatótényező (driver), ami meghatározza a kovaalga összetételt és a vizsgálatukkal becsülhető ökológiai állapotát a vízfolyásoknak.

IPS

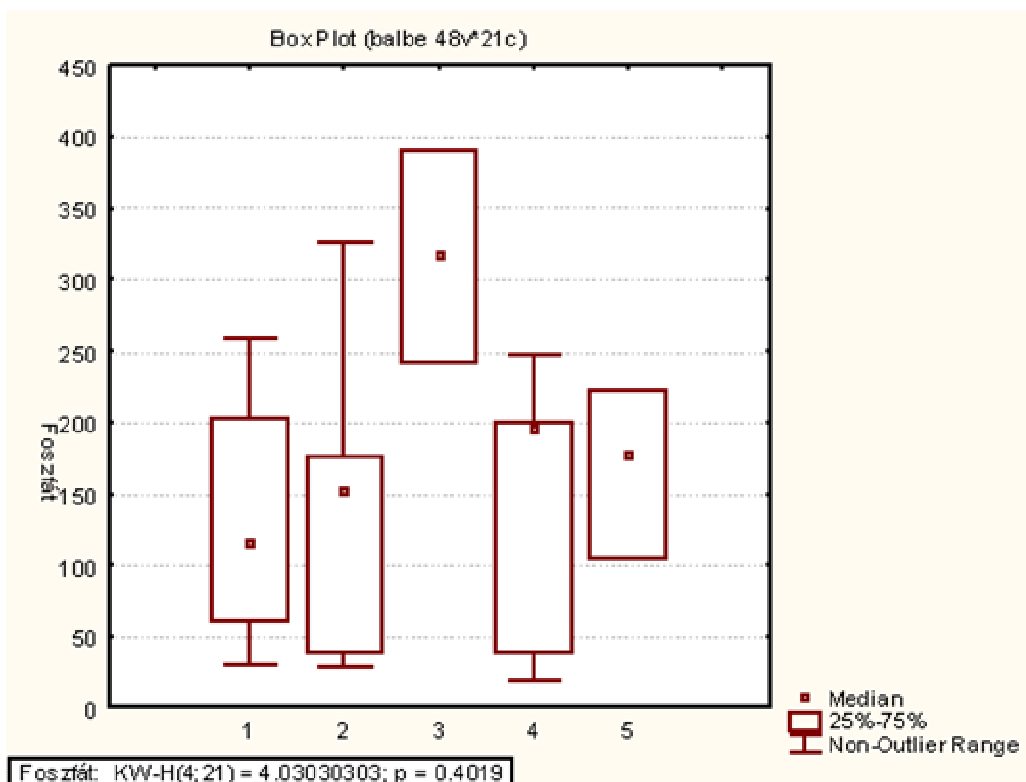
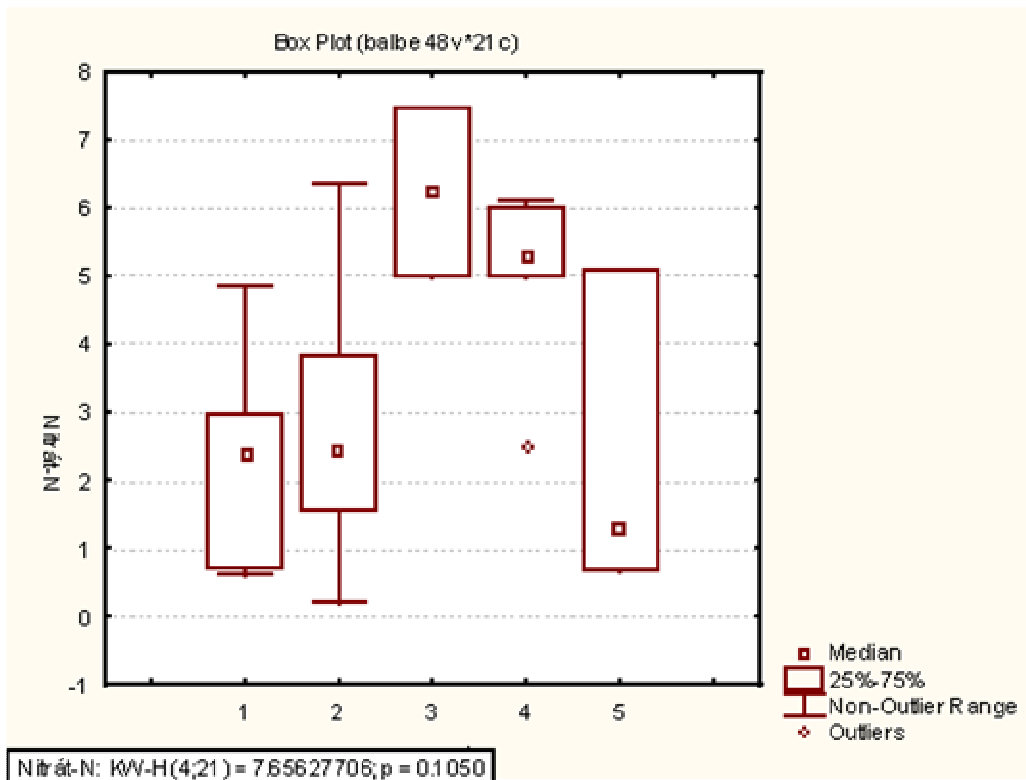




3. ábra az IPS és a TDI indexek változása az egyes clusterekben



4. ábra. Az IPS, TDI %PTV indexek értékeinek alakulása a Balaton befolyóiban (rövidítések ld. 1. táblázat, a vonalak az indexek jó/közepes határait jelzik).

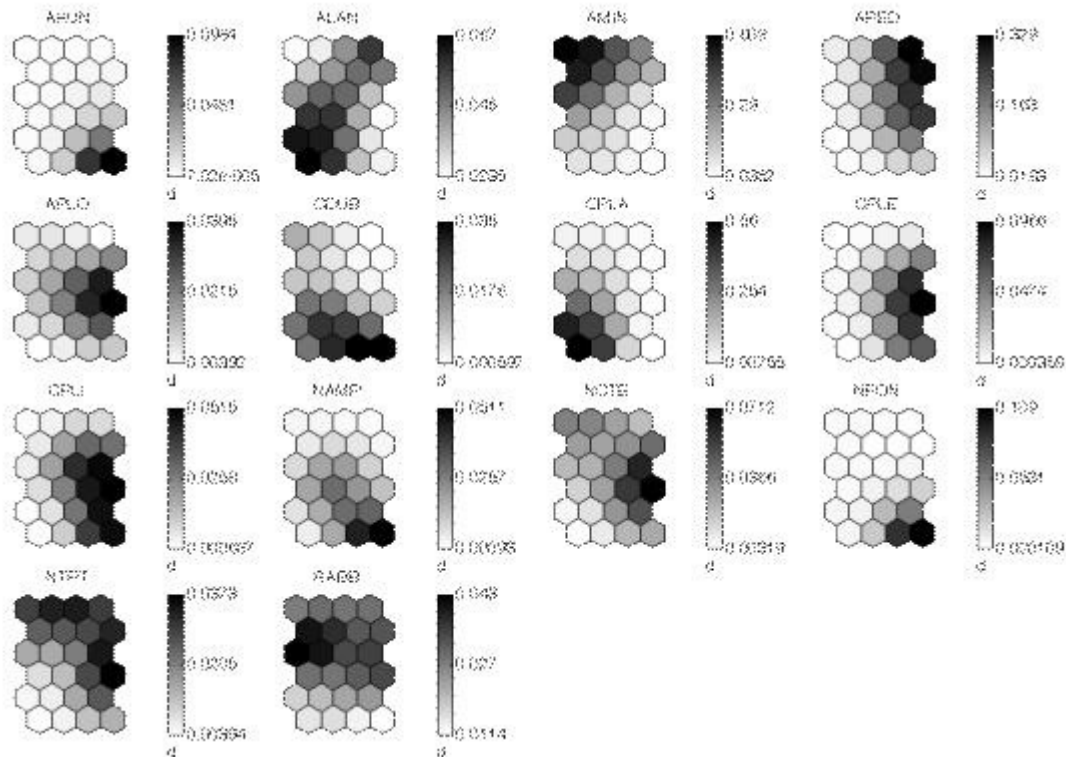


5. ábra. A nitrát-N és a foszfát box-plot diagramja a különböző cluster csoportokban

(foszfát $\mu\text{g/l}$ -ben, nitrát-N mg/l -ben)

2. táblázat: A SOM klaszterek jellemző fajai a balatoni befolyók esetében (rövidítés ld. 6. ábrán).

Klaszter	Jellemző faj (bold: karakterfaj)
I.	AMIN
II.	AMIN, CPLA , ALAN
III.	APED ,ALAN, NTPT
IV.	APED, CPLE, CPLI , NCTE, APLO
V.	APED,CPLE, NFON , AHUN , NAMP



6. ábra. Nagy strukturális indexű (SI) taxonok előfordulásának eloszlása a SOM térképen.

Sötétebb szín jelzi a nagyobb gyakoriságot. (AMIN= *Achnanthydium minutissimum* var. *minutissimum* (Kütz.) Czarnecki, ALAN= *Planothydium* (*Achnanthes*) *lanceolatum* (Brebisson ex Kützing) Lange-Bertalot, AHUN= *Lemnicola* (*Achnanthes*) *hungarica* (Grunow) Round & Basson, APED= *Amphora pediculus* (Kützing) Grunow, APLO= *Kolbesia* (*Achnanthes*) *ploenensis* (Hust.) Kingston, CDUB= *Cyclostephanos dubius* (Fricke) Round, CPLA= *Cocconeis placentula* var. *placentula* Ehr., CPLE= *Cocconeis placentula* var. *euglypta* (Ehr.)Grun., CPLI= *Cocconeis placentula* var. *lineata* (Ehr.)Van Heurck, NAMP= *Nitzschia amphibia* Grun., NCTE= *Navicula cryptotenella* Lange-Bert., NFON= *Nitzschia fonticola* Grunow in Cleve et Möller, NTPT= *Navicula tripunctata* (O.F.Müller) Bory, RABB= *Rhoicosphenia abbreviata* (C.Agardh) Lange-Bertalot).

3. táblázat. A Balaton befolyóinak kovaalga vizsgálata alapján kapott indexek korrelációja az egyes vízkémiai paraméterekkel és a víz a-klorofill tartalmával. Piros értékek a szignifikáns korrelációkat jelzik.

Variable	Correlations (balbe)																	
	SLA	DESCY	LMA	SHE	WAT	TDI	%PT	GENRE	CEE	IPS	IBD	IDAP	EPI-D	DI_	CIDP	LOBO	SID	TID
Hőmérséklet	-0.38	-0.46	-0.55	-0.29	-0.38	-0.02	0.34	-0.12	-0.40	-0.45	-0.16	-0.34	-0.42	-0.09	-0.19	-0.10	-0.28	-0.20
pH	0.19	-0.12	0.12	0.19	0.04	-0.33	-0.08	0.23	0.24	0.17	0.30	0.31	0.25	-0.35	0.18	0.18	0.18	0.35
Fajl. el. vezkép.(20°C-ra)	0.13	-0.14	0.06	0.05	0.24	-0.18	0.00	0.14	0.10	0.08	0.13	0.12	0.12	0.14	0.01	0.07	0.03	0.01
Oldott oxigén	0.29	0.50	0.46	0.48	0.10	0.15	-0.39	0.17	0.62	0.48	0.29	0.47	0.46	-0.25	0.28	0.26	0.45	0.38
Biokémiai oxigénigény	0.19	-0.04	0.18	0.38	0.16	-0.52	-0.28	0.38	0.25	0.30	0.24	0.30	0.28	-0.19	0.45	0.40	0.37	0.49
KOI (k)	0.05	-0.10	0.12	0.26	0.08	-0.53	-0.36	0.55	0.23	0.24	0.18	0.19	0.15	0.10	0.31	0.37	0.22	0.36
Ammónium	-0.39	-0.34	-0.43	-0.28	-0.33	-0.27	0.06	0.13	-0.31	-0.35	-0.27	-0.34	-0.41	-0.00	-0.02	0.03	-0.23	-0.01
Ammónium N-ben	-0.39	-0.39	-0.46	-0.29	-0.33	-0.27	0.10	0.09	-0.35	-0.37	-0.29	-0.37	-0.43	0.00	-0.03	0.01	-0.25	-0.05
Nitrit-N	-0.04	-0.27	-0.39	-0.10	0.11	0.15	0.70	-0.54	-0.29	-0.24	0.09	-0.21	-0.17	-0.47	0.22	0.23	-0.21	-0.32
Nitrit	-0.04	-0.27	-0.39	-0.10	0.11	0.15	0.70	-0.54	-0.29	-0.25	0.09	-0.21	-0.17	-0.47	0.22	0.23	-0.21	-0.32
Nitrát-N	0.08	0.33	0.12	-0.06	0.19	0.52	0.18	-0.41	0.03	0.04	-0.02	0.04	0.08	-0.21	-0.07	-0.12	-0.11	-0.25
Nitrát	0.09	0.36	0.13	-0.05	0.20	0.54	0.17	-0.42	0.04	0.05	-0.04	0.03	0.08	-0.19	-0.07	-0.13	-0.08	-0.25
Szerves nitrogén	-0.20	0.19	-0.17	-0.06	-0.08	0.36	0.24	-0.39	-0.11	-0.15	-0.17	-0.23	-0.30	0.08	-0.22	-0.24	-0.04	-0.17
Összes nitrogén	0.05	0.37	0.10	-0.07	0.18	0.58	0.20	-0.46	0.02	0.02	-0.06	-0.00	0.03	-0.18	-0.10	-0.16	-0.10	-0.27
Összes foszfor	-0.17	-0.02	-0.12	-0.22	0.13	0.14	0.17	-0.16	-0.14	-0.15	-0.00	-0.03	-0.06	-0.29	-0.00	0.04	-0.34	-0.20
Foszfát	-0.20	0.02	-0.14	-0.22	0.08	0.18	0.18	-0.21	-0.15	-0.18	-0.05	-0.07	-0.12	-0.28	-0.05	-0.01	-0.33	-0.23
Foszfát-P	-0.24	-0.01	-0.17	-0.27	0.05	0.23	0.20	-0.24	-0.20	-0.23	-0.10	-0.11	-0.16	-0.25	-0.10	-0.04	-0.37	-0.30
TOC	0.21	-0.19	0.20	0.35	0.26	-0.67	-0.35	0.62	0.31	0.33	0.33	0.35	0.33	0.07	0.41	0.47	0.28	0.44
m-lúgosság	0.03	-0.07	0.01	-0.14	0.07	0.01	0.08	-0.08	-0.10	-0.10	-0.09	-0.09	-0.07	0.30	-0.30	-0.26	-0.09	-0.18
Hidrogénkarbonát	0.02	-0.08	0.01	-0.16	0.07	0.02	0.08	-0.08	-0.11	-0.11	-0.10	-0.10	-0.08	0.32	-0.32	-0.28	-0.10	-0.19
a-klorofill	0.02	-0.01	0.06	0.24	0.01	-0.44	-0.16	0.28	0.12	0.16	0.13	0.16	0.07	-0.06	0.27	0.21	0.22	0.39
Coliformszám	0.06	0.36	0.20	0.17	0.17	0.20	-0.10	-0.10	0.20	0.23	0.02	0.17	0.22	-0.52	0.30	0.32	0.09	0.10
Fekál coliformszám	0.04	0.58	0.30	0.20	0.10	0.37	-0.24	-0.11	0.25	0.28	-0.07	0.13	0.20	-0.27	0.23	0.19	0.18	0.09
E. coli szám	0.05	0.50	0.26	0.21	0.13	0.29	-0.20	-0.06	0.25	0.30	0.01	0.17	0.23	-0.34	0.32	0.28	0.14	0.10
Enterococcusok száma	-0.34	0.44	-0.08	-0.22	-0.39	0.56	-0.07	-0.28	-0.08	-0.20	-0.46	-0.36	-0.37	0.13	-0.33	-0.39	-0.14	-0.18
oldott SiO ₂	-0.46	-0.12	-0.39	-0.52	-0.34	0.29	0.22	-0.23	-0.47	-0.46	-0.42	-0.47	-0.48	0.35	-0.47	-0.42	-0.47	-0.43
Oxigéntelítettség	0.14	0.32	0.25	0.36	-0.08	0.12	-0.26	0.11	0.46	0.28	0.21	0.31	0.27	-0.24	0.17	0.17	0.35	0.31

A célkitűzések során megfogalmazott kérdésekre a balatoni befolyók esetében a következő válaszok adhatók, ami egyben javaslat is a vizsgált patakok jövőben végzendő monitorozására:

- 1.) Az eredmények alapján a Kétöles patak 71-es úti és ódörögdi mintavételi helye elvileg összehasonlítható, azonban a patak feltehetően huminanyagokban gazdag vize miatt az indexek nem mutattak megbízható eredményeket, ezért ez további vizsgálatokat igényel. A többi befolyó mintavételi helyei megtartandók.
- 2.) Törekedni kell arra, hogy lehetőség szerint körül gyűjtsük a mintákat, ennek hiányában viszont az összehasonlíthatóság kedvéért ugyanazon mintavételi hely esetében ugyanolyan alatról kell venni a mintát, ami a kolonizáció miatt vízinvázió esetében nagy odafigyelést igényel. A mintavételt áradás ne előzze meg 4 héten belül és a pataknak a kevésbé árnyékos területéről gyűjtsünk. Ha a mintavételi hely erősen árnyékos, célszerűbb kihagyni és másikat keresni helyette.
- 3.) Évi két mintavétel mindenképpen javasolt, egy késő-tavaszi- kora nyári (május-június) és egy őszi (szeptember-október), de a legjobb az évszakonként egy alkalommal, a tavaszi viszont ne legyen április közepe előtt.
- 4.) A balatoni befolyókban a kovaalgák összetételét elsősorban a víz nitrát tartalma, mint fő driver határozza meg, de egyes patakokban a szervesanyag terhelés is kifejezett. Elsősorban az IPS index értékeit javasolt figyelembe venni, de a szerves terheléshez ad használható információt a TDI - %PTV index is. A jó/közepes vízminőség határának a 13-at lehet

tekinteni az IPS index esetében. Ha a TDI index értéke meghaladja a 60-at, és a %PTV a 40-et, az a mintavételi hely erőteljes szerves szennyezettségére utal, ezért célszerű ezt az indexet is figyelembe venni.

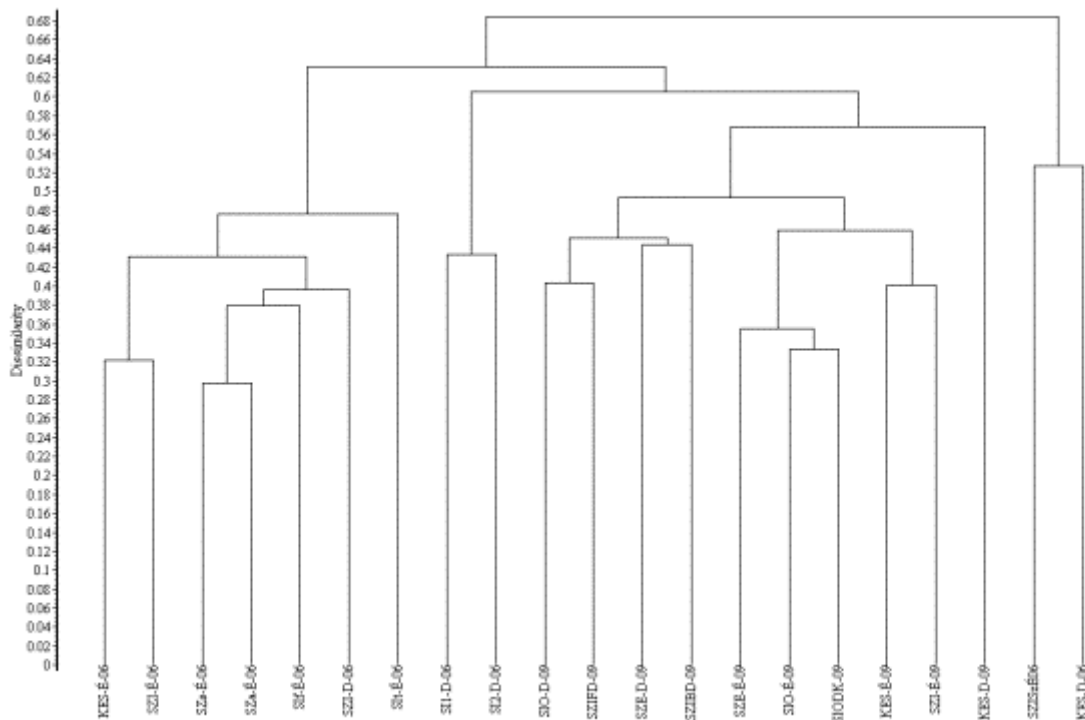
2. Balaton vizsgálati eredményei és értékelésük

A Balaton kivételesen gazdag kovaalga világára utal, hogy a nádbevonatának vizsgálatából összesen 162 kovaalga taxont határoztunk meg.

Az ábrákon használt rövidítések jegyzéke és a minősítés a 4. táblázatban található. Az EQR határoknak a DIL esetében SZILÁGYI et al. (2006) munkájában megadottakat vettük figyelembe, az IBD esetében pedig $EQR = IBD / IBD_{max}$ képlettel számolva a kiváló/jó határt 0.85, a jó/közepes határt 0.65-nek vettük.

A Balatonban határozottan elkülönültek a nyáron (piros vonal az ábrán) és ősszel (kék vonal az ábrán) gyűjtött minták (7. ábra), vagyis a két mintavételi időpont megtartása javasolt.

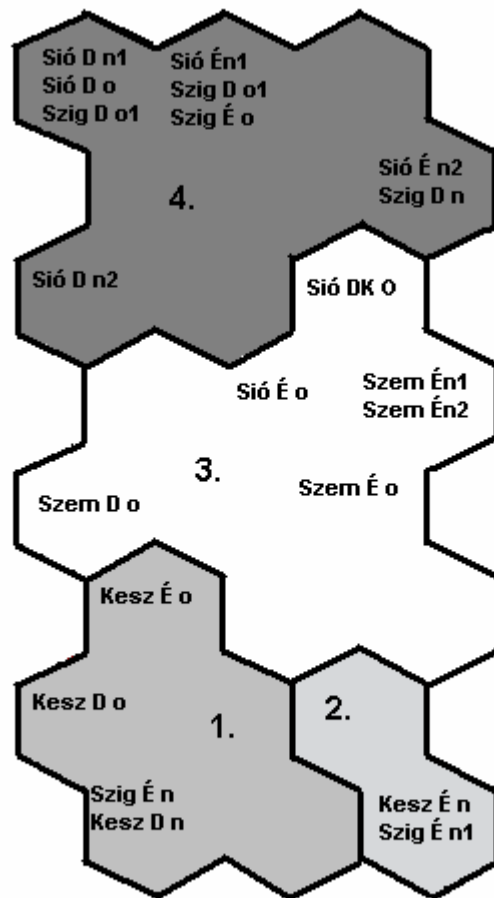
Az egyes időszakokon belül kifejezett a Keszthelyi medence elkülönülése, a déli rész határozottan és teljesen külön válik (különösen ősszel), az északi rész a Szigligeti medence északi részével mutat hasonlóságot. A Szemesi és Siófoki medence kovaalga összetétel szempontjából nem különül el egymástól, inkább az északi part és déli part elkülönülése kifejezett.



7. ábra. A Balatonból gyűjtött bevonatminták clusteranalízisének dendrogramja (Bray-Curtis index, UPGM fúziós algoritmus, adatok \log_2 -vel standardizálva, rövidítést ld. 4. táblázatban).

4. táblázat. Az ábrákon található rövidítések jegyzéke és az IBD, DIL értékei a minősítéssel.

medence	település	mintavétel dátuma	rövidítés	IBD érték	DIL érték	Minősítés IBD alapján	Minősítés DIL alapján	EQR	EQR DIL	EQR besorolás IBD
Keszthelyi med D	Fenekp.	2006.06.23	KES-D-06	13.8	2.9	jó	közepes	0.69	0.43	jó
Keszthelyi med D	Fének	2006.09.21	KES-D-09	12.7	2.9	közepes	közepes	0.64	0.42	közepes
Keszthelyi med É	Gyenesdiás	2006.09.26	KES-É-09	18.4	2.51	jó	közepes	0.92	0.51	kiváló
Keszthelyi med. É	Lipás	2006.06.12	KES-É-06	15.5	2.8	jó	közepes	0.78	0.44	jó
Siófoki med D	Siófok	2006.09.21	SIO-D-09	16	2.3	jó	jó	0.80	0.54	jó
Siófoki med D-K	Bkenese	2006.09.21	SIODK-09	16.2	2.53	jó	közepes	0.81	0.49	jó
Siófoki med. D	Siófok1	2006.06.22	SI1-D-06	16.9	2.3	jó	jó	0.85	0.54	jó
Siófoki med. D	Siófok2	2006.06.22	SI2-D-06	16.6	2.3	jó	jó	0.83	0.54	jó
Siófoki med. É	Tihany	2006.06.12	SIt-É-06	16.8	2.3	jó	Jó	0.84	0.55	jó
Siófoki med. É	Bfűzfő	2006.06.23	SIf-É-06	16.3	2.53	jó	közepes	0.82	0.49	jó
Siófoki med. É	Tihany	2006.09.21	SIO-É-09	16.3	2.51	jó	közepes	0.82	0.49	jó
Szemesi med D	Böszöd	2006.09.26	SZE-D-09	15.5	2.2	jó	jó	0.78	0.56	jó
Szemesi med É	Bakali	2006.09.21	SZE-É-09	16.3	2.6	jó	közepes	0.82	0.48	jó
Szemesi med. É	Bszemes	2006.06.12	SZs-É-06	15.5	2.6	jó	közepes	0.80	0.49	jó
Szemesi med. É	Bakali	2006.06.23	SZa-É-06	16	2.6	jó	közepes	0.78	0.49	jó
Szigliget med D	Bfenyves	2006.09.26	SZIBD-09	16.5	2.3	jó	jó	0.83	0.54	jó
Szigliget med. D	Fonyód	2006.06.12	SZI-D-06	16.3	2.4	jó	jó	0.82	0.51	jó
Szigliget med. É	Szigliget	2006.06.22	SZISzÉ06	11.2	2.7	közepes	közepes	0.56	0.46	közepes
Szigligeti med D.	Fonyód	2006.09.26	SZIFD-09	16.1	2.3	jó	jó	0.81	0.54	jó
Szigligeti med. É		2006.06.12	SZI-É-06	15.8	2.7	jó	közepes	0.79	0.54	jó
Szigligeti med. É	Szigligeti	2006.09.26	SZI-É-09	16.9	2.6	jó	közepes	0.85	0.49	jó

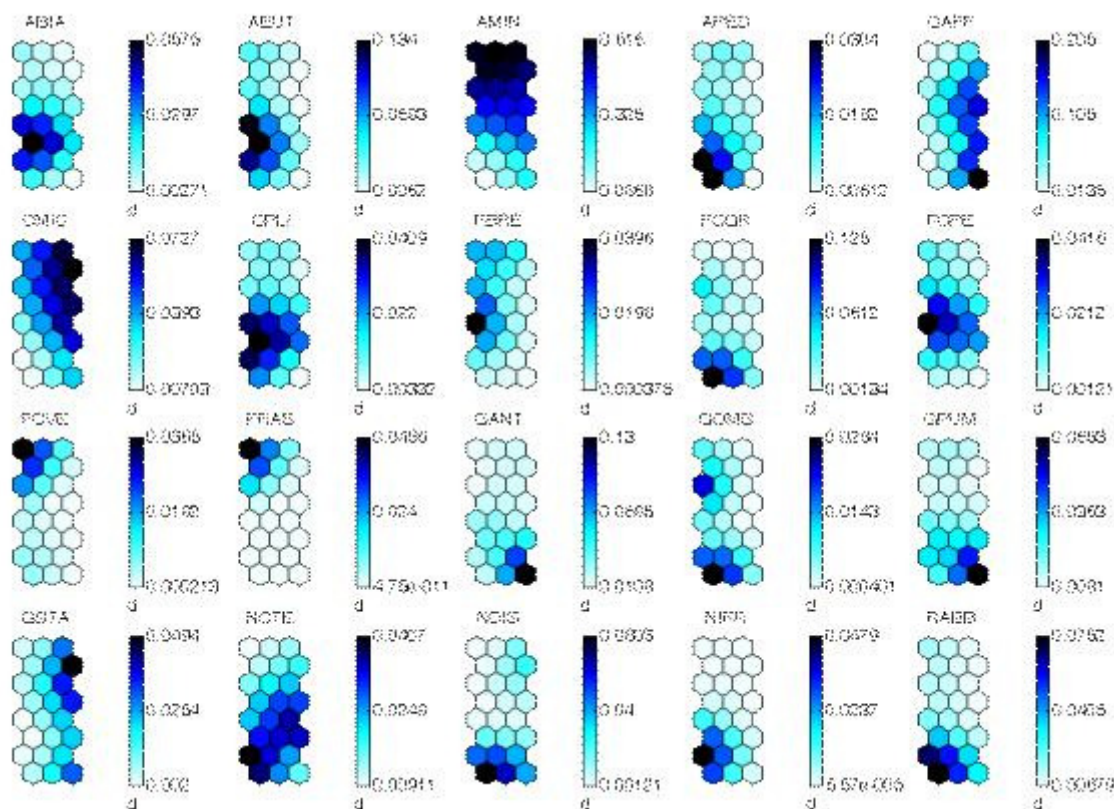


8. ábra A minták csoportosulása a SOM elemzés során (rövidítést ld. az 4. táblázatban).

A SOM elemzéssel árnyaltabb képet kaphatunk a mintavételi helyek csoportosulásáról (8. ábra). Jól látszik, hogy két medence a Siófoki (4, 3) és a Keszthelyi (1, 2) markánsan különbözik a fajösszetétel alapján, különösen a nyári minták esetében. A két középső medence közül a Szemesi medence (3) átmeneti képet mutat és ezt a jellegét a nyári és őszi minták esetében is megtartja. A Szigligeti medence déli része a Siófoki medencéhez nagyon hasonló mind az őszi mind a nyári mintavétel során. Az északi rész nyáron a keszthelyi medencéhez, ősszel a Siófoki medencéhez hasonló. Az egyes medencékre jellemző fajokat az 5. táblázat tartalmazza, elhelyezkedésüket a SOM térképen pedig a 9. ábrán mutatjuk be. A keszthelyi medence déli részére - ahova a Zala folyó nagy mennyiségű növényi tápanyagot szállít – eutróf vízminőséget jelző fajok karakterisztikusak (pl. *Achnanthydium eutrophilum*), míg a tó többi részére a kisebb növényi tápanyagkínálatot jelző fajok a jellemzőek (mint pl. a *Fragilaria hungarica*).

5. táblázat A SOM klaszterek jellemző fajai a Balatonban.

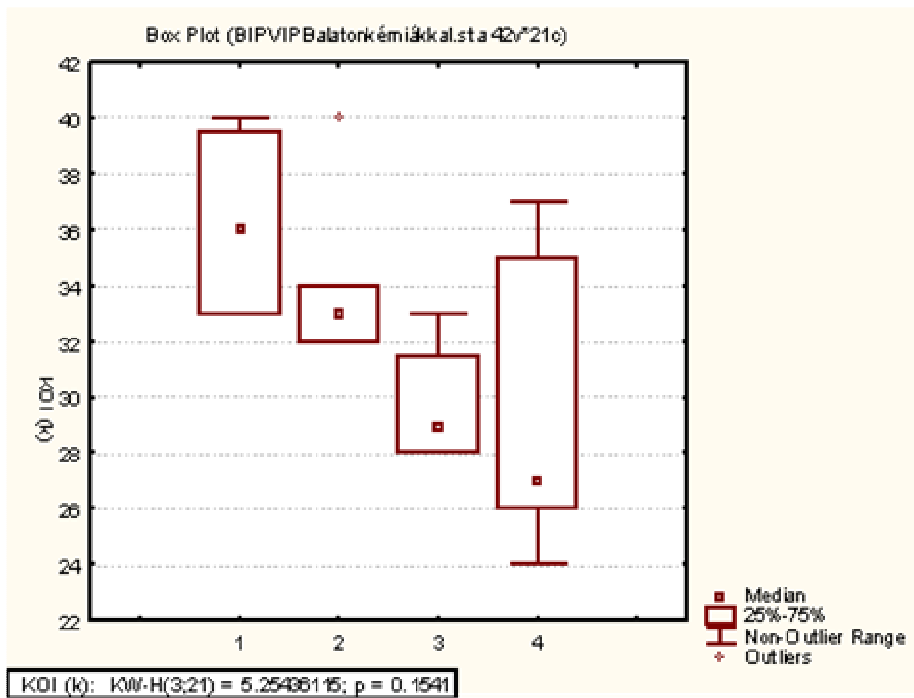
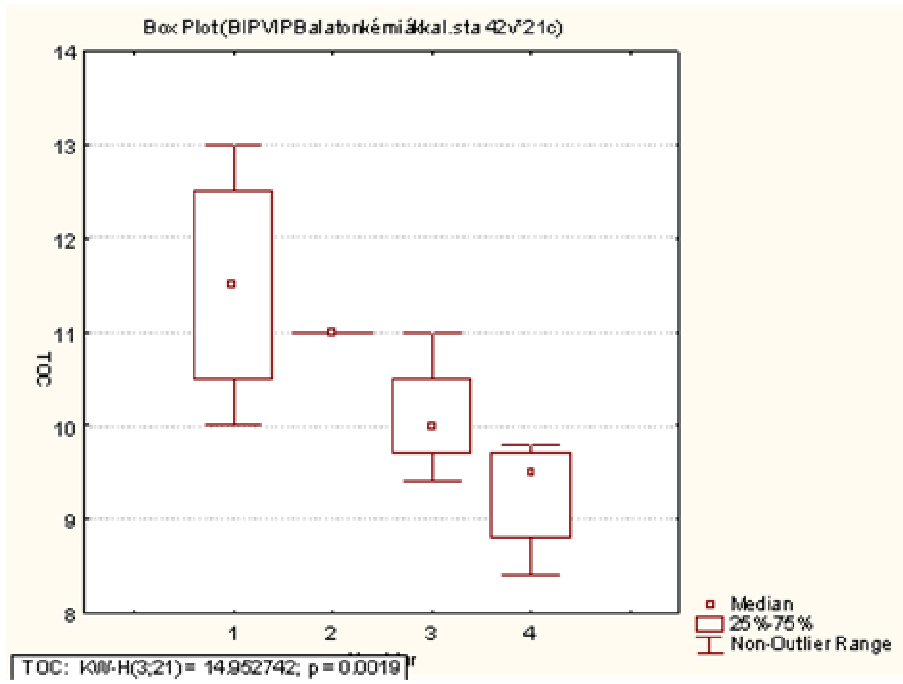
Klaszter	Jellemző faj (bold: karakter faj)
1 Keszthelyi medence(D)	<p><i>Achnanthydium eutrophilum</i> (Lange-Bertalot) Lange-Bertalot (AEUT)</p> <p><i>Fragilaria capucina sensu lato</i></p> <p><i>Nitzschia frustulum</i> (Kutzing) Grunow var. <i>frustulum</i> (NIFR)</p> <p><i>Nitzschia dissipata</i> (Kutzing) Grunow var. <i>dissipata</i> (NDIS)</p> <p><i>Amphora pediculus</i> (Kutzing) Grunow (APED)</p>
2 Keszthelyi medence(É)	<p><i>Gomphonema pumilum</i> (Grunow) Reichardt & Lange-Bertalot (GPUM)</p> <p><i>Gomphonema angustum</i> Ag. (GANT)</p> <p><i>Cymbella affinis</i> Kutzing var. <i>affinis</i> (CAFF)</p>
3 Szemesi medence	<p><i>Achnanthydium minutissimum</i> (Kütz.) Czarnecki var. <i>minutissimum</i> (AMIN)</p> <p><i>Cymbella affinis</i> var. <i>affinis</i></p> <p><i>Encyonopsis (Cambella) microcephala</i> (Grunow) Krammer</p> <p><i>Pseudostaurosira (Fragilaria) brevistriata</i> (Grun.in Van Heurck) Williams & Round (FBRE)</p>
4 Siófoki medence	<p><i>A. minutissimum</i> v. <i>minutissimum</i></p> <p><i>C. affinis</i> var. <i>affinis</i></p> <p><i>E. microcephala</i> (CMIC)</p> <p><i>Fragilaria istvanffy</i> Pantocsek</p> <p><i>Fragilaria hungarica</i> Pantocsek var. <i>hungarica</i></p>

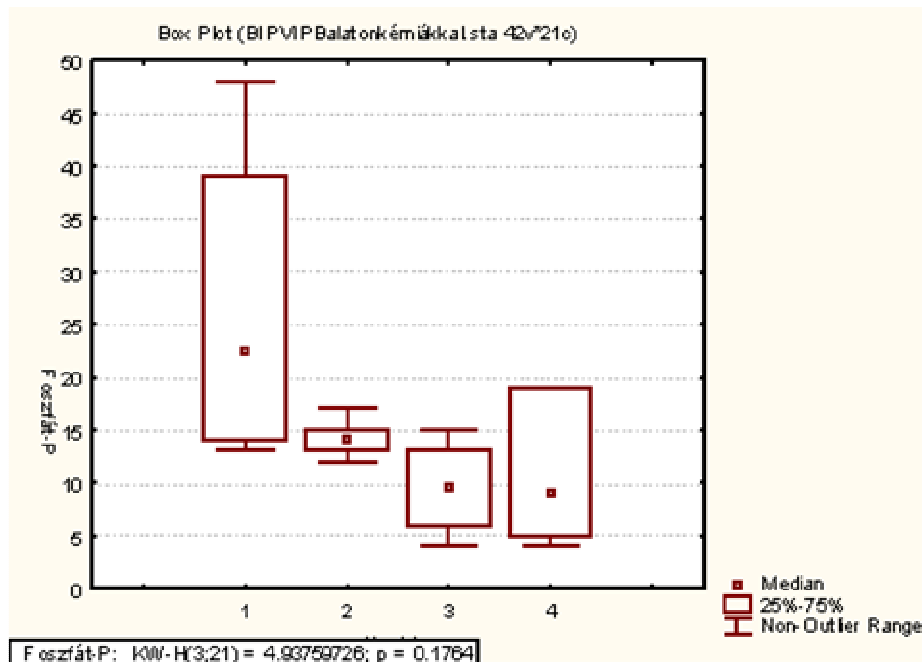


9. ábra. Nagy strukturális indexű (SI) taxonok előfordulásának eloszlása a SOM térképen.

Sötétebb szín jelzi a nagyobb gyakoriságot. (ABIA= *Achnanthydium biasolettianum* (Grunow in Cl. & Grun.) Lange-Bertalot, FCGR= *Fragilaria capucina* Desmazieres var. *gracilis* (Oestrup) Hustedt, FCPE= *Fragilaria capucina* Desm. var. *perminuta* (Grunow) Lange-Bertalot, FCVE= *Staurosira* (*Fragilaria*) *venter* (Ehr.) Cleve & Moeller, FRAS= *Fragilaria* sp., GOMS= *Gomphonema* sp., GSTA= *Gomphonema stauroneiforme* Grunow, NCTE= *Navicula cryptotenella* Lange-Bertalot, RABB= *Rhoicosphenia abbreviata* (C.Agardh) Lange-Bertalot, többi rövidítést ld. 6. táblázatban)

Egyes vízkémiai paraméterek tekintetében a Balatonban határozott gradiens (10. ábra) mutatkozott a Keszthelyi medencétől a Siófoki medencéig haladva (kifejezett Ny-K-i irányú csökkenés). Ilyen volt a foszfát és a szervesanyag tartalom mennyisége (utóbbi KOI-n és TOC-on keresztül nyomon követve). A kovaalga indexek is ezekkel a paraméterekkel mutattak a legerősebb korrelációt (6. táblázat). A vizsgált kémiai paraméterek közül a foszfor és a szervesanyag tartalom tűnik a fő hatótényezőnek (driver), ami leginkább meghatározza a balatoni nádbevonat kovaalga összetételét és a vizsgálatukkal becsülhető ökológiai állapotát a tónak.





10. ábra. A TOC, KOI, és a foszfát-P Box-Plot diagramjai a Balatonban (1=Keszthelyi medence, 2=Szigligeti medence, 3=Szemesi medence, 4=Siófoki medence)

Az indexek közül a CEE, IPS, IBD, SHE, SLA, SID, IDAP és EPI-D szignifikánsan negatív korrelációt mutatott a két fő driver-rel a foszforral és a szerves anyag tartalommal (6. táblázat). Azonban ezek közül az IDAP és a SHE egyetlen minta esetében sem használta a fajkészlet 80 %-át sem, a CEE mindössze 1, a SID pedig 3 minta esetében használta. A SLA a minták kevesebb, mint negyed részében dolgozott a fajkészlet legalább 80 %-ával, míg az EPI-D a minták 43%-a esetében. Az indexek közül az IBD a minták felénél a fajkészletnek több mint 80%-ával, de a többi mintánál is legalább a 60%-ával dolgozott, míg az IPS minden mintában a fajok legalább 80%-át figyelembe vette. Mivel azonban az IBD index az *Achnanthes minutissimum* mennyiségével jobb összefüggést mutat (STENGER-KOVÁCS et al. 2006), azokban a tavakban, ahol a faj erőteljes dominanciát érhet el a bevonatban (és ilyen a Balaton is), inkább ennek az indexnek a használata javasolt. Feltehetőleg ez a magyarázata, hogy jelen vizsgálatunk során is az IBD index nagyobb mértékű változásokat mutatott a tó különböző területein, mint az IPS, mivel mintáinkban is erőteljesen domináns volt a faj. Az IBD index értékeinek alakulását összehasonlítottuk a németországban használatos tavi index (TI) és a magyarországi tavakra javasolt DIL index (SZILÁGYI et al. 2006) értékeivel (11. ábra). Az IBD a minták többségénél jó, míg a DIL a felénél közepes, a TI a minták nagyrésznél mezo-eutróf vízminőséget jelzett.

A jó/közepes vízminőség határának a 13-at lehet tekinteni az IBD index esetében. Ha a TDI index értéke meghaladja a 60-at és ezzel együtt a %PTV meghaladja a 40-et, az a mintavételi hely erőteljes szerves szennyezettségére utal. Ez alapján a Balaton vízminősége a Keszthelyi medence Déli része (Zala torkolat, ahol közepes a vízminőség) kivételével jó, valamint a Szigligeti medence északi partja nyáron ugyancsak közepes vízminőségű volt, de ősze már itt is jó volt a vízminőség (11. ábra). Az IBD index alapján tehát jó vízminőségű a Balaton, kivéve a Zala torkolatát, ahol közepes. Nyáron a Szigligeti medence É-i része (Szigligeti öböl) is rosszabb (közepes) vízminőséget mutatott.

A TI alapján mezotrófikus, mezo-eutrófikus a tó vízminősége, kivéve a Zala torkolatot, a

Szigligeti-medence északi részét (Szigligeti öböl) nyáron és a Siófoki öböl északi részét nyáron, ahol eutrófikus.

A DIL index alapján többnyire közepes volt a vízminőség, nyáron a Siófoki medence és a Szigligeti medence déli része, ősszel pedig a Keszthelyi medence északi, a Szigligeti medence déli, a Szemesi medence északi és a Siófoki medence déli része volt jó vízminőségű.

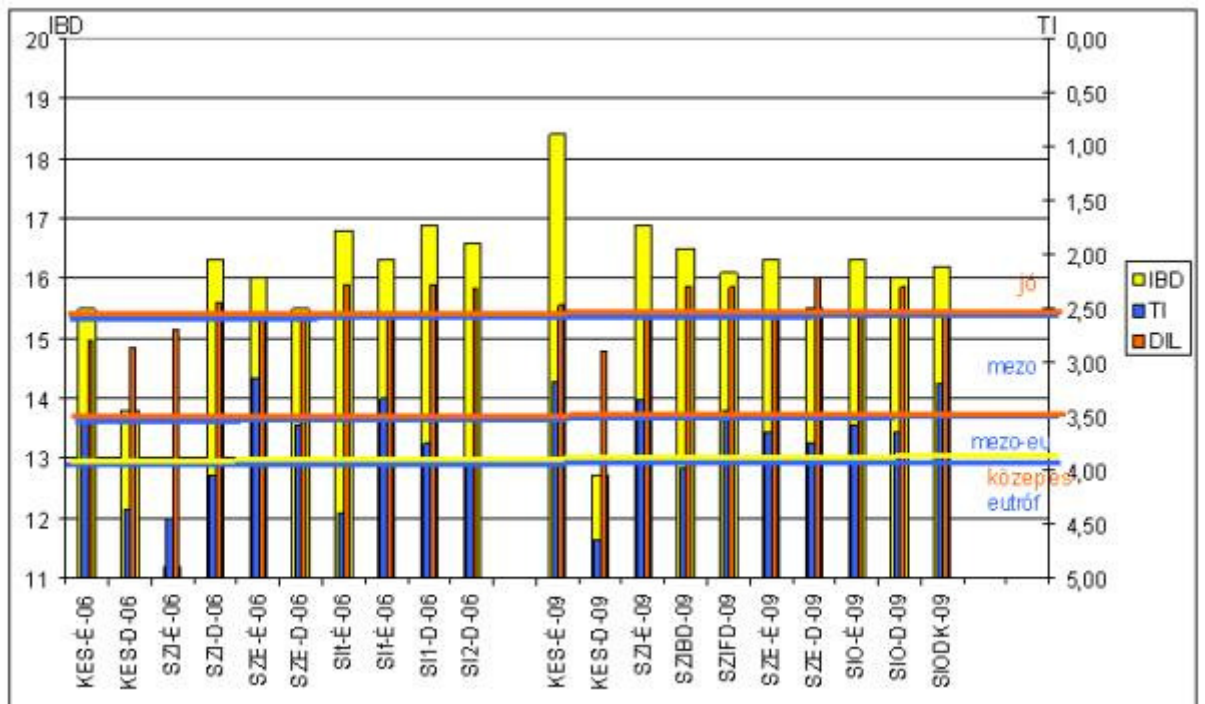
A három vizsgált index közül az IBD mutatta a legjobb illeszkedést (nagyobb korrelációt) mind az összes foszfor, mind a TOC, mind pedig a KOI vonatkozásában (12. ábra). A DIL az összes foszforral és a TOC-cal mutatott (az IBD-nél valamivel kisebb, de) szignifikáns korrelációt, a TI csak az összes foszforral korrelált szignifikánsan.

Az EQR határokat figyelembe véve a Balaton a Keszthelyi és a Szigligeti medence kivételével jó ökológiai állapotban van a bevonatnakó kovaalgák alapján az IBD indexszel számolva, a Keszthelyi és a Szigligeti medence ökológiai állapota változó, de inkább közepesnek mondható. A DIL index értékeivel számolva a Balaton számos területe közepes, míg egyes területei jó állapotúak, térbeli tendencia nem látható.

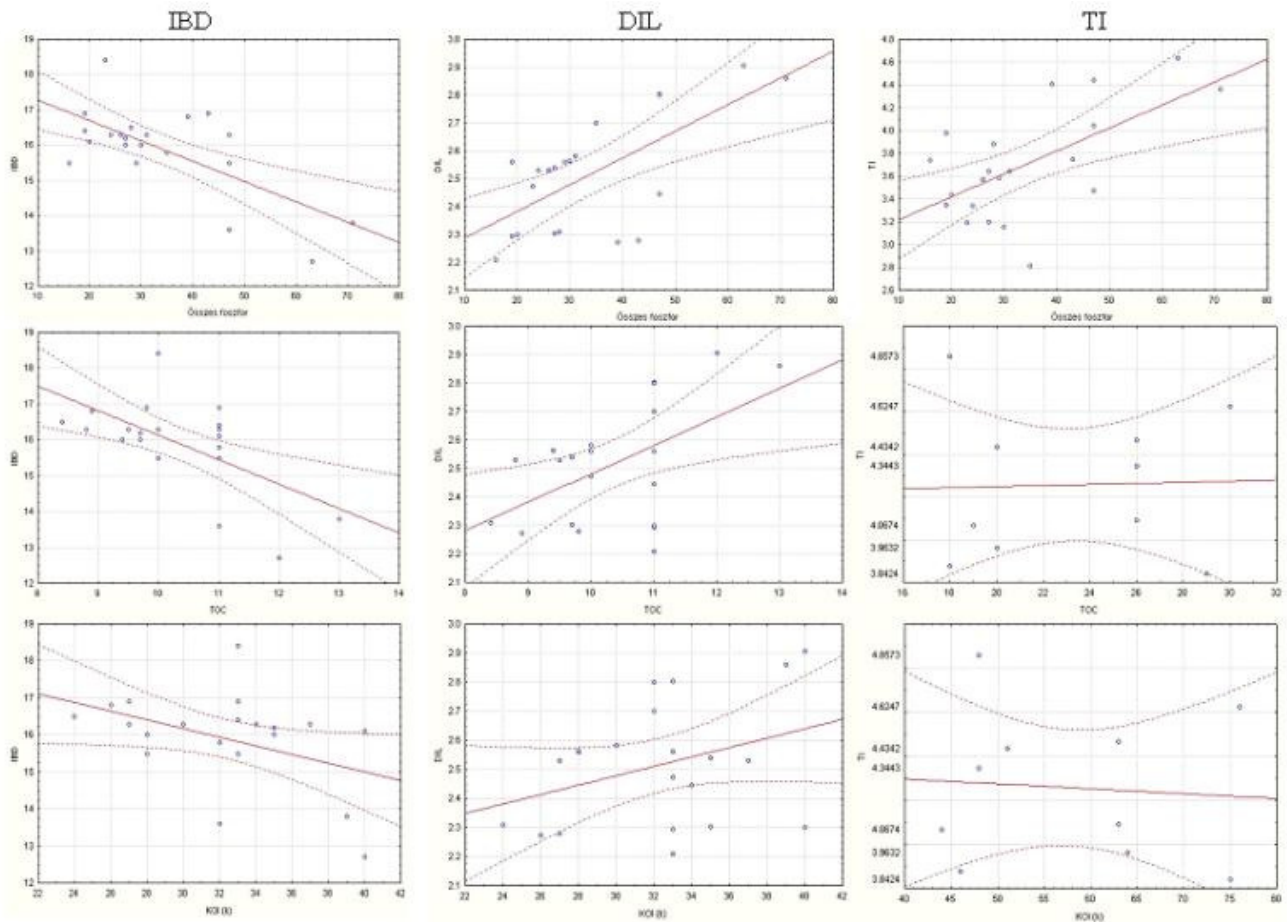
A bevonat a-klorofill tartalmát csak a nyári minták esetében mértük. Ott azonban megfigyelhetünk egy határozott Ny-K-i irányú csökkenést mind az északi, mind pedig a déli parton (13. ábra). Ez egyezik VÖRÖS et al. (2001, 2002, 2003) fitobentosz vizsgálatait során tapasztaltakkal, ahol a fenéköledék a-klorofill tartalma is követi ezt a gradienst, valamint LAKATOS et al. (2001) megállapításával, aki ugyancsak a nádbevonat a-klorofill tartalmának csökkenését figyelte meg a keszthelyi öböltől a siófoki felé haladva, különösen a nyári minták esetében. Az IBD index értékeiben egy enyhe Ny-K-i irányú növekedést tapasztaltunk. Ez azt látszik alátámasztani, hogy a bevonat klorofill tartalma tavak esetében is összefüggést mutat a vízminőséggel, ami alátámasztja LAKATOS et al. (2006) NTPI rendszerének használhatóságát.

6. táblázat. A Balaton nádbevonata kovaalgáinak vizsgálata alapján kapott indexek korrelációja az egyes vízkémiai paraméterekkel és a víz a-klorofill tartalmával. Piros értékek a szignifikáns korrelációkat jelzik.

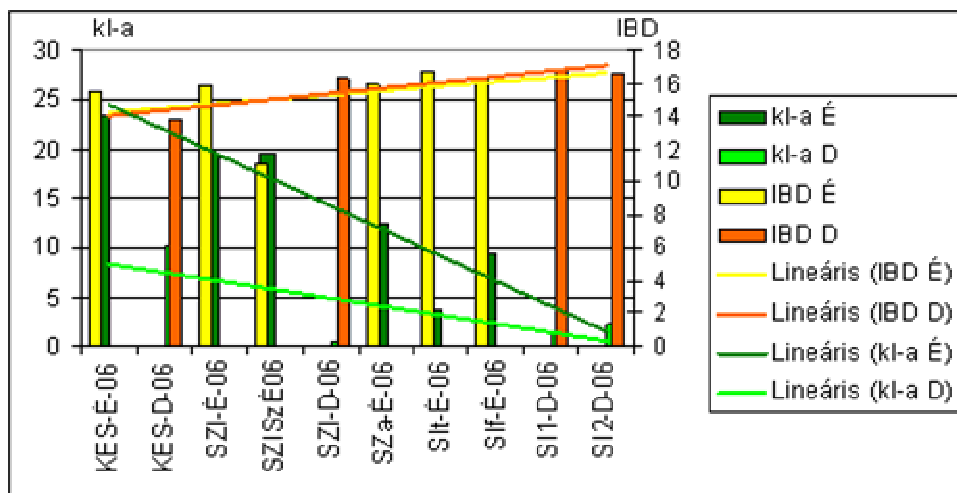
Correlations (BIPVIPBalatonkémiaikkal.sta)	
Marked correlations are significant at p < .05000	
N=21 (Casewise deletion of missing data)	
Variable	SLA DESCY LMA SHE WAT TOI %PT GENR1 CEE IPS IBO IDAP EPI-D DI_ C1DP LOBO SID TID
pH	0.54 -0.73 0.21 0.41 0.16 -0.45 -0.24 0.40 0.44 0.31 0.52 0.42 0.61 0.14 0.37 0.20 0.41 0.34
Fajl. el. vezkép_(20C-ra)	0.54 -0.26 0.57 0.56 0.27 -0.57 -0.49 0.56 0.49 0.53 0.48 0.63 0.54 -0.46 0.46 0.13 0.49 0.56
Biokémiai oxigénigény	0.15 -0.30 0.08 0.03 0.16 -0.14 0.03 0.10 0.04 0.07 0.04 0.11 0.15 -0.06 0.15 -0.06 0.06 0.13
KOI (k)	-0.46 0.16 -0.32 -0.54 -0.04 0.44 0.44 -0.43 -0.45 -0.36 -0.43 -0.43 -0.44 0.22 -0.26 -0.16 -0.36 -0.43
Ammónium	0.02 -0.36 -0.00 -0.12 0.15 -0.01 0.08 0.02 0.05 -0.02 0.13 0.04 0.12 0.19 0.16 0.13 0.02 -0.12
Ammónium N-ben	0.02 -0.36 -0.01 -0.12 0.14 -0.01 0.08 0.00 0.05 -0.02 0.13 0.06 0.12 0.19 0.16 0.12 -0.00 -0.12
Nitrát-N	0.04 -0.34 0.10 0.12 0.19 -0.17 -0.07 0.16 0.18 0.17 0.35 0.12 0.16 0.05 0.16 -0.06 0.04 0.12
Nitrát	0.14 -0.36 0.21 0.25 0.26 -0.27 -0.19 0.26 0.30 0.26 0.40 0.22 0.30 -0.06 0.22 -0.16 0.16 0.24
Szerves nitrogén	-0.06 0.02 -0.01 -0.16 0.02 0.07 0.05 -0.06 -0.11 -0.11 -0.10 -0.03 -0.04 -0.10 0.03 -0.06 -0.10 -0.10
Összes nitrogén	-0.06 -0.06 -0.02 -0.16 0.06 0.06 0.08 -0.07 -0.06 -0.10 -0.04 -0.04 -0.03 -0.04 0.04 -0.07 -0.06 -0.12
Összes foszfor	-0.70 0.54 -0.51 -0.57 -0.37 0.64 0.62 -0.71 -0.71 -0.62 -0.66 -0.71 -0.77 -0.03 -0.64 -0.32 -0.67 -0.52
Foszfát	-0.70 0.56 -0.40 -0.70 -0.16 0.67 0.51 -0.62 -0.56 -0.51 -0.56 -0.56 -0.66 0.20 -0.40 -0.10 -0.62 -0.66
Foszfát-P	-0.70 0.56 -0.36 -0.66 -0.16 0.67 0.50 -0.62 -0.56 -0.50 -0.56 -0.56 -0.66 0.20 -0.40 -0.11 -0.62 -0.66
TOC	-0.66 0.46 -0.50 -0.60 -0.28 0.62 0.43 -0.60 -0.56 -0.56 -0.61 -0.63 -0.62 0.27 -0.46 -0.26 -0.56 -0.56
m-lógosság	0.16 -0.17 0.11 0.04 -0.12 -0.13 -0.07 -0.02 0.07 0.00 0.21 0.18 0.22 0.12 0.24 0.28 -0.07 0.03
p-lógosság	0.32 -0.56 0.21 0.07 0.41 -0.34 0.05 0.16 0.39 0.27 0.39 0.16 0.41 0.21 0.26 -0.06 0.19 0.23
Hidrogénkarbonát	-0.54 0.77 -0.24 -0.17 -0.40 0.46 0.13 -0.36 -0.50 -0.34 -0.54 -0.36 -0.61 -0.31 -0.46 -0.27 -0.34 -0.24
Karbonát	0.34 -0.56 0.24 0.12 0.39 -0.36 0.02 0.22 0.40 0.26 0.41 0.16 0.44 0.20 0.27 -0.06 0.21 0.26
a-klorofill	-0.24 -0.22 -0.36 -0.44 0.01 0.26 0.37 -0.26 -0.16 -0.26 -0.11 -0.32 -0.16 0.59 -0.12 0.01 -0.26 -0.36



11. ábra. Az IBD, TI és DIL index értékeinek alakulása a Balaton nádbevonatában (a vonalak az index határokat jelölik, rövidítés ld. 5. táblázatban.)



12. ábra. A TP-IBD, TP-DIL, TP-TI index, TOC-IBD, TOC-DIL, TOC-TI index valamint a KOI-IBD, KOI-DIL, KOI-TI index összefüggése (összes foszfor (TP) µg/l-ben TOC, kromátos KOI mg/l-ben) és a 95%-os konfidencia határok.



13. ábra. A bevonat a-klorofill tartalmának és az IBD indexnek a változása a Balatonban nyáron (rövidítések ld. 5. táblázatban).

A célkitűzések során megfogalmazott kérdésekre a Balaton esetében a következő válaszok

adhatók, ami egyben javaslat is a Balaton jövőben végzendő monitorozására:

1.) Az előzetes vizsgálatok alapján a Balaton javasolt mintavételi helyei:

Keszthelyi-medence É. és D., Szigligeti-medence É. és D., Szemesi-, Siófoki-medence É. és D., vagyis minimálisan 6 mintavételi hely kijelölése szükséges.

2.) Zöld nád megfelelő alzat a mintavételhez, de csak nyáron és ősszel, mert korábbi vizsgálataink (ÁCS et al. in press) azt mutatták, hogy tavasszal a bevonat kolonizáló fázisban van, amely hatás jobban befolyásolja az algaösszetételt, mint a vízminőség. Az avas nád tavasszal és nyáron alkalmas alzat lehet a mintavételhez, őszre azonban már erőteljessé válnak az alzat lebomlási folyamatai, ami nagyobb hatással van a rajta kialakult bevonat fajösszetételére, mint a vízminőség.

3.) Eddigi eredményeink alapján a nyári és őszi minták fajösszetételüket tekintve egyértelműen különböztek és az indexek értékeiben is mutatkozott különbség a két évszakban, vagyis mindenképpen javasolt a nyári és őszi gyűjtés is.

4.) A Balatonban a kovaalgák összetételét a víz foszfor és a szervesanyag tartalma, mint fő driverek határozzák meg, ezért az IBD és TDI - %PTV indexek egyidejű használatát tartjuk a leginkább megfelelőnek a monitorozás során a minősítéshez (a TDI - %PTV index a tó szerves terheléséhez ad használható információt). A jó/közepes vízminőség határának az IBD esetében 13-at lehet tekinteni. Ha a TDI index értéke meghaladja a 60-at és a %PTV meghaladja a 40-et, az a mintavételi hely erőteljes szerves szennyezettségére utal. Bár csak nagyon kevés adat állt rendelkezésünkre, eredményeink azt mutatják, hogy célszerű volna a Balaton esetében is egy olyan minősítési mutató (pl. az a-klorofill tartalom) használata illetve továbbfejlesztése is, amely nem csupán a kovaalgák vizsgálatán alapul. Ezt meg kell előznie számos minta párhuzamos értékelése a kovaalga indexek és ezen minősítő paraméter tekintetében.

Összegzés

A bentonikus algavizsgálatokkal történő monitorozás végrehajtásához szükség van a minősítésnél jól használható indexek víztípusonkénti megállapítására, pontosítására, az indexek hazai adaptálására (a taxonok autökológiai tulajdonságainak, érzékenységi és indikátor értékeinek esetleges módosítására), ehhez azonban még sok, megfelelően gyűjtött és feldolgozott bevonatminta adataira van szükség.

Elengedhetetlenül fontos, hogy a minősítést végző biológusok jó taxonómiai tudással és jó technikai feltételekkel, megfelelő határozó könyvekkel rendelkezzenek, ennek hiányában nem végezhető el a minősítés ezzel a módszerrel. A minősítés alapfeltétele a pontos és alapos kovaalga taxonómiai ismereteken alapuló mikroszkópos számolás.

Addig is, amíg az optimális feltételek nem állnak teljes egészében a rendelkezésre, fontosnak tartanánk egyéb, nem taxonómiai paraméterek (pl. a-klorofill tartalom) bevonását is a minősítésbe.

Köszönetnyilvánítás

A mikroszkópos vizsgálatok elvégzését az OTKA M 041686, K+F MU-00186/00/2000, GVOP-3.2.1.-2004-04-0151/3.0 sz. pályázatok segítségével megvásárolt eszközök és berendezések segítették.

IRODALOM

- Ács, É., Borsodi, A.K., Kiss, É., Kiss, K.T., Szabó, K.É., Vladár, P., Várbíró, G., Záray, Gy. (0000): Comparative algological and bacteriological examinations on biofilms developed on different substrata in a shallow soda lake – in press: Aquatic Ecology
- Ács, É., Kiss, K.T.(1997): Kovaalgák mintavételi módszerei és vizsgálata. - In: Török, K. (szerk.): Nemzeti biodiverzitás-monitorozó rendszer IV. Növényfajok. - MTM Budapest pp.111-114.
- Ács, É. Szabó, K., Tóth B., Kiss, K.T. (2004): Investigations of benthic algal community (with special attention to bentic diatoms) in connection with reference conditions in WFD. – Acta Botanica Hungarica 46: 255-278.
- Ács, É., Szabó, K., Kiss, Á. K., Tóth, B., Záray, Gy., Kiss, K. T. (2006): Investigation of epilithic algae on the River Danube from Germany to Hungary and the effect of a very dry year on the algae of the River Danube. – Arch. Hydrobiol. Suppl. Large Rivers 16: 389-417.
- Bányász, D., Németh, B., Vörös, L. (2005): A Balatoni fitobentosz mélység szerinti változásai. – Hidrológiai Közlöny 85: 18-20.
- Bányász, D., Vörös, L. (2006): Élő kovamoszatok a Balaton üledékének mély rétegeiben. – Hidrológiai Közlöny 86: 16-17.
- Blanco, S., Bécares, E., Cauchie, H.M., Hoffmann, L., Ector, L. (2007): Comparison of biotic indices for water quality diagnosis in the Duero Basin (Spain). – in press: Archiv für Hydrobiol. Suppl. Large Rivers
- Cholnoky, B. (1929): Epiphyten-untersuchung im Balaton-See. - Internat. Rev. ges. Hydrobiol. Hydrograph. 22: 313-345.
- Cholnoky, B. (1933): Analytische Benthos-Untersuchungen. III. Die Diatomeen einer kleinen Quelle in der Nähe der Stadt Vác. – Arch. Hydrobiol. 26: 207-254.
- Entz, B., Ponyi, J.E., Tamás, G. (1963): Sedimentuntersuchungen im südwestlichsten Teile des Balaton, in der Bucht von Keszthely in 1962. – Annal. Biol. Tihany 30: 103-125.
- Gallik, O. (1926): Balatoni Diatomaceaák. – Archivum Balaticum I. 116-128 + II tábla.
- European Parliament (2000) Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council establishing a framework for Community action in the field of water policy. - Official Journal L327, 1-72.
- Hlúbiková, D., Hindáková, A., Haviar, M., Miettinen, J. (2007): Application of diatom water quality indices in influenced and non-influenced sites of Slovak rivers (Central Europe).

– in press: Archiv für Hydrobiol. Suppl. Large Rivers

Istvánffi, Gy. (1891): A Balaton kryptogám növényzetének vázlata. - Földr. közlem. 50-58.

Istvánffi, Gy. (1894): A Balaton mikroszkópos növényzetéről. - Földr. közlem. 22: 160-167.

Istvánffi, Gy. (1896): A Balaton moszatflórája. In: A Balaton tudományos tanulmányozásának eredményei - Budapest 2/2: 1-141.

Kiss, K.T., Ács, É. (1997): Kovaalgák monitorozási útmutatója. - In: Török, K. (szerk.): Nemzeti biodiverzitás-monitorozó rendszer IV. Növényfajok. - MTM Budapest pp.84-93.

Kiss, M.K., Lakatos, Gy., Borics, G., Gidó, Zs., Deák, Cs. (2003): Littoral macrophyte-periphyton complexes in two Hungarian shallow waters. – Hydrobiologia 506-509: 541-548.

Kohonen, T. (2001): Self-organizing maps, Third edition. Springer, Berlin.

Kovács, A., Németh, B., Présing, M., Tóth N., Vörös, L. (2005): A *Cladophora* fonalas zöldalga fotoszintézisének hőmérséklet és fényfüggése a Balatonban. – Hidrológiai Közlöny 85: 81-84.

Kovács, A., Szalontai, K., Üveges, V., Présing, M., Vörös, L. (2004): *Cladophora* sp. fonalas zöldalga fotoszintézisének hőmérséklet- és fényfüggése a Balatonban II. (Módszertani megközelítés). – Hidrológiai Közlöny 84: 69-72.

Kovács, Cs., Kiss, Zs., Padisák, J. (2004): Balaton környéki kis vízfolyások diatómáinak florisztikai és mennyiségi vizsgálatai. – Hidrológiai Közlöny 84:65-68.

Kovács Cs., Padisák, J., Ács, É. 2005. A bevonatlakó kovaalgák alkalmazása a hazai kisvízfolyások ökológiai minősítésében. Hidrológiai Közlöny 85: 64-67.

Kovács, Cs., Kahlert, M. Padisák, J. (2006): Benthic diatom communities along pH and TP gradients in Hungarian and Swedish streams- Journal of Applied Phycology (2006) 18: 105–117.

Lakatos, Gy. (1978): Comparative analysis of biotecton (periphyton) samples collected from natural substrate in waters of different trophic state. - Acta Bot. Acad. Sci. Hung. 24/3-4: 285-299.

Lakatos, Gy. (1983): Accumulation of elements in biotecton forming on reed (*Phragmites australis*) in two shallow lakes in Hungary. – Proceedings of International Symposium on aquatic macrophytes, The Netherlands, Nijmegen, pp. 117-122.

Lakatos, G., Ács, É., Kiss, K.M., Varga, É., Bíró, P. (2006): Ecological classification of epilithon in two shallow lakes in Hungary. – Verh. Internat. Verein. Limnol. 29: 1782-1784.

Lakatos, Gy., Bíró, P. (1991): Study on chemical composition of reed-periphyton in Lake

Balaton. – BFB-Bericht 77: 157-164.

Lakatos, Gy., Kiss, K.M., Kiss, M., Juhász, P. (1998): Composition and structure of periphyton in Kis-Balaton Water Protection system. – *Internat. Rev. Hydrobiol.* 83: 347-350.

Lakatos, Gy., Kozák, L., Bíró, P. (2001): Structure of epiphyton and epilithon in the littoral of Lake Balaton. – *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 27: 3893-3897.

Lecointe C., Coste M., Prygiel J. 1993. 'OMNIDIA' : a software for taxonomy, calculation of diatom indices and inventories management. *Hydrobiologia* **269/270**: 509-513

Lecointe C., Coste M., Prygiel J. 1999. OMNIDIA version 3 : notice d'utilisation, CLCI Monbazillac, Mai 1999, 46 pp.

Padisák, J., Ács, É., Borics, G., Buczkó, K., Grigorszky, I., Kovács, Cs., Mádl-Szőnyi, J., Soróczki-Pintér, É. (2006): A Víz Keretirányelv és a vízi habitatdiverzitás konzervációbiológiai vonatkozásai. – *Magyar Tudomány* 6: 663-669.

Picińska-Fałtynowicz, J. (2007): Epilithic diatoms as indicators of water quality and ecological status of streams of Sudety Mts. (South - Western Poland). – in press: *Archiv für Hydrobiol. Suppl. Large Rivers*

Pór, G., Sára, Z., Padisák, J., Grigorszky, I., Borbély, Gy. (2000): Előzetes vizsgálatok az Aszófői-Séd kovaalgaínak felméréséhez. – *Hidrológiai Közlöny* 80: 377-379.

Sára, Z., Pór, G., Padisák, J., Grigorszky, I., Borbély, Gy. (2000): Az Örvényesi-Séd (Pécsely-patak) kovaalgaínak összehasonlító vizsgálata. – *Hidrológiai Közlöny* 80: 380-382.

Stenger-Kovács, Cs., Padisák, J., Soróczki-Pintér, É., Ács, É., Borics, G., Buczkó, K., van Dam H. (2006a): The effect of hydro-morphological modification of streamflow compositional features of attached diatoms assemblages in Hungarian streams. – 6th *Internat. Symp. on Use of algae for monitoring rivers*. ISBN 963 06 0497 3, pp. 139-145.

Stenger-Kovács, Cs., Padisák, J., Bíró, P. (2006b): Temporal variability of *Achnanthes minutissimum* (Kütz.) Czarnecki and its relationship to chemical and hydrological features of the Torna-stream, Hungary. – In: Ács, É., Kiss, K.T., Szabó, K.É. (eds.): 6th *International Symposium on Use of algae for monitoring rivers*. ISBN 963 06 0497 3, pp 133-138.

Szabó, K., Kiss, K.T., Ector, L., Kecskés, M., Ács, É. (2004): Benthic diatom flora in a small Hungarian tributary of River Danube (Rákos-stream). – *Arch. Hydrobiol. Suppl. Algological Studies* 111: 79-94.

Szemes, G. (1931): A kádártai források Diatomaceái. – *Annal. Biol. Tihany*. pp. 319-341.

Szemes, G. (1947): A Zagyva folyó Bacillariophyta-flórájának ökológiai vizsgálata. –

Borbásia 7: 70-121.

Szemes, G. (1948): A Zagyva-folyó kovamoszatainak elterjedése a forrástól a torkolatig. – Borbásia 8: 89-112.

Szemes, G. (1957): Quantitative Analyse der Benthos-Bacillariophyceen in den Quellengebieten von Tapolcafő. – Acta Biol. Acad. Sci. Hung. 7: 203-255.

Szilágyi F., Ács É., Borics G., Halasi-Kovács B., Juhász P., Kiss B., Kovács Cs., Kovács T., Lakatos Gy., Müller Z., Padisák J., Pomogyi P., Szabó K., Szalma E., Tóthmérész B. (2006): Az ökológiai minősítés kérdései. – In: Somlyódy L. és Simonffy Z.: A fenntartható vízgazdálkodás tudományos megalapozása az EU Víz Keretirányelv hazai végrehajtásának elősegítésére, MTA Vízgazdálkodási Csoport és BME VKKT közös munkabeszámolója, kézirat.

Tamás, G. (1957): Az Aszófői Séd kovamoszatai. – Annal. Biol. Tihany 24: 133-154.

Tamás, G. (1967): Quantitative Algologische Untersuchungen im Bodenschlamm des Balaton au Grund der Sammlungen des Jahres 1966. – Annal. Biol. Tihany 34: 233-254.

Tamás, G. (1968): Quantitative Untersuchungen des Microphytobenthos aus dem Eprofundal des Balaton-Sees auf Grund der Sammlungen des Jahres 1967. – Annal. Biol. Tihany 35: 227-246.

Tamás, G. (1971): Quantitative investigations on microphytobenthos in 25 transversal sections of Lake Balaton. – Annal. Biol. Tihany 38: 269-283.

Tamás, G. (1974): The biomass change of microphytobenthos in Lake Balaton during the 1960s. – Annal. Biol. Tihany 41: 343-356.

Tison, J., Giraudel, J.L., Coste, M., Park, Y.S., Delmas, F. (2004): Use of unsupervised neural networks for eco-regional zonation of hydrosystems through diatom communities: case study of Adour Garonne watershed (France). Arch. Hydrobiol. 159: 409-422.

Uherkovich, G. (1976): Die Mikrophyten des Rigóc-baches und seiner Weiher (Komitat Somogy, Ungarn) – Dunántúli Dolgozatok 10: 5-17.

Uherkovich, G. (1988): Weitere Beiträge zur Kenntnis der Algenvegetation auf der Sedimentoberfläche im Balaton (Plattensee, Ungarn). – Limnologica (Berlin) 18: 29-67.

Uherkovich, G. (1996): Adatok a Balaton nyugati medencéje üledékfelszíni algavegetációjára ismeretéhez. – Somogyi múzeumok közleményei XII: 223-255.

Uherkovich, G. (1998): A Balaton üledékfelszíni algavegetációjának kutatása. – Hidrológiai Tájékoztató I/163: 29-33.

Uherkovich, G., Lantos, T. (1987): Angaben zur Kenntnis der Algenvegetation auf der Sedimentoberfläche im Balaton (Plattensee), Ungarn. – Limnologica (Berlin) 18: 29-67.

Uherkovich, G., Csermák, K. (1992): Beiträge zur Kenntnis der Algenvegetation auf der

Sedimentoberfläche im Schilfgürtel des Plattensees (Balaton, Ungarn). – *Limnologica* (Berlin) 22: 165-187.

Várbíró, G., Borics, G., Kiss, K.T., Szabó, K.É., Ács, E. (2007): Use of Kohonen Self Organizing Maps (SOM) for the characterisation of benthic diatom associations of the River Danube and its tributaries. - in press: *Arch. Hydrobiol. Suppl. Large River*

van Dam, H., Stenger-Kovács, Cs., Ács, É., Borics, G., Buczkó, K., Hajnal, É., Soróczki-Pintér, É., Várbíró, G., Tóthmérész, B., Padisák, J. (2007): Implementation of the European Water Framework Directive: Development of a system for water quality assessment of Hungarian running waters with phytobenthos. – in press: *Archiv für Hydrobiol. Suppl. Large Rivers*

Vesanto, J. (2000): Neural network tool for data mining: SOM Toolbox. Proceedings of Symposium on Tool Environments and Development Methods for Intelligent Systems (TOOL-MET2000). Oulun yliopistopaino, Oulu, Finland, pp. 184-196.

Vörös, L., Kovács, A., V.-Balogh, K., Tálos, A. (2001): A fitoplankton és a fitobentosz változásainak kutatása. – In: Mahunka, S. & Banczerowski, J. (eds): *ABalaton kutatásának 2000. évi eredményei*, 25-33.

Vörös, L., Kovács, A., V.-Balogh, K. (2002): A fitoplankton és a fitobentosz változásainak kutatása. – In: Mahunka, S. & Banczerowski, J. (eds): *ABalaton kutatásának 2001. évi eredményei*, 13-21.

Vörös, L., Kovács, A., V.-Balogh, K. (2003): A fitoplankton és a fitobentosz változásainak kutatása. – In: Mahunka, S. & Banczerowski, J. (eds): *ABalaton kutatásának 2002. évi eredményei*, 9-17.

Vörös, L., Kovács, A., Pajer, Gy., Mózes, A. (2004): A Balaton planktonikus és üledéklakó algaegyütteseinek szerepe és szabályozó tényezői. – In: Mahunka, S. & Banczerowski, J. (eds): *ABalaton kutatásának 2003. évi eredményei*, 7-15.

Vörös, L., Kovács, A., Mózes, A., Bányász, D., Németh B. (2005): A Balaton planktonikus és üledéklakó algaegyütteseinek szerepe és szabályozó tényezői. – In: Mahunka, S. & Banczerowski, J. (eds): *ABalaton kutatásának 2004. évi eredményei*, 7-15.

Vörös, L., Somogyi, B., V.-Balogh, K., Németh B. (2006): A Balaton planktonikus és üledéklakó algaegyütteseinek szerepe és szabályozó tényezői. – In: Mahunka, S. & Banczerowski, J. (eds): *ABalaton kutatásának 2006. évi eredményei*, 7-15.