

Javaslat a felszíni vizek fitoplankton alapján történő minősítésére

Munkaanyag

Megbízó:

Témafelelős: Dr. Borics Gábor TIKTVF
Közreműködők: Dr. Grigorszky István
Várbíró Gábor
Krasznai Enikő

Tartalomjegyzék

Helyzetértékelés és feladatmeghatározás.....	1.
A fitoplankton alapján történő ökológiai állapot értékelés jelenlegi helyzete.....	1
Feladat meghatározás.....	2
A multimetrikus fitoplankton index kialakításának menete	4
Állóvizek fitoplankton alapú minősítése	
A klorofill-a tartalom alapján történő minősítés	6
Cél	6
Módszer	6
Eredmények	7
Tipológiai validáció	7
A határértékek megadása.....	8
A fitoplankton taxonómiai összetételén alapuló minősítés	11
Javaslat a metrikák egyesítésére	13
A tavi fitoplankton index stresszorfüggése	14
Folyóvizek fitoplankton alapú minősítése.....	16
A klorofill-a tartalom alapján történő minősítés	16
Cél.....	16
Módszer	16
Eredmények	17
Tipológiai validáció	17
A határértékek megadása.....	19
A fitoplankton taxonómiai összetételén alapuló minősítés.....	20
Eredmények	22
Javaslat a határértékekre	22
Javaslat a metrikák egyesítésére	23
A folyóvízi fitoplankton index stresszorfüggése	25
Irodalom ..	29

Helyzetértékelés és feladat meghatározás

A fitoplankton alapján történő ökológiai állapot értékelés jelenlegi (2008.05.01.) helyzete

A fitoplankton a VKI által, a tavak ill. alsó-szakasz jellegű vízfolyások ökológiai állapotának értékelésére ajánlott biológiai elem. Az elemszintű értékelés a fitoplankton esetén három, a fitoplanktonra sajátosan jellemző paraméter külön értékelését követően kell történnjen.

A paraméterek az alábbiak:

1. a fitoplankton taxonómiai összetétele,
2. a fitoplankton mennyisége (klorofill-a tartalom alapján becsülve),
3. a vízvirágzás mérőszáma.

(A paramétereket számszerűsítő formulákat, illetve a számértéket metrikának nevezzük.)

Jelenleg a három paraméter egyike sincs véglegesítve.

1. A fitoplankton taxonómiai összetételét jellemző hazai metrika a Q index, mely mind tavakra, mind pedig folyóvizekre ki lett dolgozva (Padisák et al. 2006, Borics et al. 2007). A tavas index azonban még csupán 10 típus esetén ad javaslatot a referenciális algaegyüttesekre, s ezt is szakértői becslés alapján teszi. A 2008-évi fejlesztések eredményeként kidolgozott új tipológia azonban 16 tótípust tartalmaz, melyek csak részben egyeznek meg a korábbi típusokkal. A folyóvízi Q index esetén a tipológiákra megadott határértékek szakértői becslésen alapultak és validálásra szorulnak.

2. A fitoplankton mennyiségét jellemző metrikának típus specifikus klorofill-a határérték rendszeren kell alapulnia. Ilyen határértékrendszer jelenleg egyetlen állóvíztípusra sincs kidolgozva, a folyóvizekre kidolgozott határértékek pedig elméleti határértékek, melyeket validálni kell.

3. A vízvirágzás hazai, VKI kompatibilis definíciója hiányzik, metrika jellegű alkalmazásának korábban még a gondolata sem merült föl.

Jelenleg nem tisztázott, hogy a három metrika milyen mértékben vegyen részt az elemszintű értékelésben.

A fentiekből következik, hogy a metrikák hiányában még paraméter szintű értékelésre sincs lehetőség.

Feladat meghatározás

Jelen tanulmány célja egy olyan fitoplankton alapú (elem szintű) minősítési rendszer kidolgozása, mely

- a KVVM mérőhálózatának adatait figyelembe véve kerül kialakításra,
- stresszor függő,
- tartalmaz egy a fitoplankton mennyiségi viszonyain (klorofill-a) alapuló metrikát,
- a tartalmaz egy a fitoplankton taxonómiai összetételén alapuló metrikát,
- amennyiben lehetséges figyelembe veszi a vízvirágzásokat (azok gyakoriságát, mértékét),
- típus specifikus,

- megadja, hogy a metrikák hogyan egyesíthetők.

A kidolgozandó módszernek alkalmasnak kell lennie arra, hogy általa – a VKI elvárásainak megfelelően jellemezni tudjuk a magyarországi felszíni víztestek ökológiai állapotát.

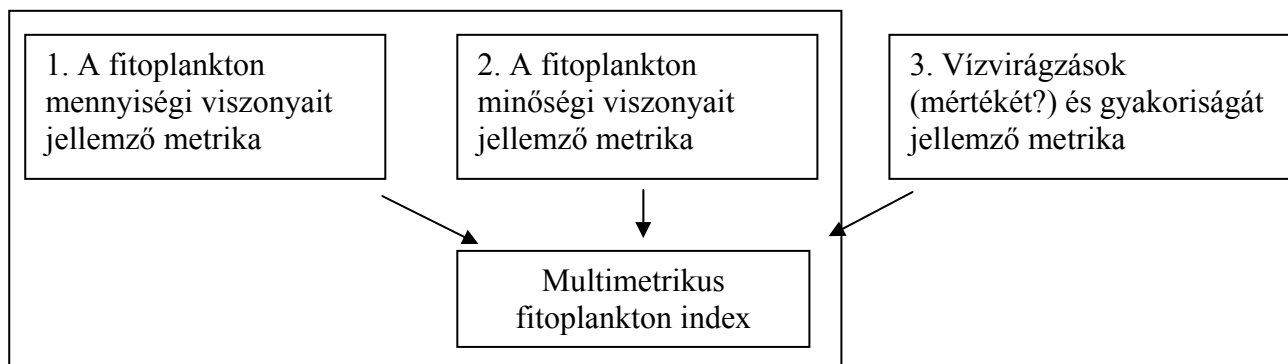
A módszer kidolgozása a KVVM mérőhálózata által létrehozott adatokat alapul véve kell történnjen. A módszernek alkalmasnak kell lennie arra, hogy kezelje azt a problémát, ami az adatbázis heterogén jellegéből adódik.

A módszer kialakítása során törekedni kell arra, hogy az index értéke a lehetséges terhelések (növényi tápanyag, ill. szerves terhelés, hidromorfológiai változtatások) mentén szignifikáns változást mutasson. (amennyiben bizonyos stresszorokra nem működik, indokolni kell miért).

Az index kialakítása során figyelemmel kell lenni arra, hogy az új hazai tipológia 16 tótípust tartalmaz, melyek hidrológiai és morfológiai szempontból rendkívül eltérőek.

A nemzetközi interkalibráció során folytatott megbeszélések eredményeként körvonalazódott az a nézet, miszerint a fitoplankton indexek kialakítása során lehetőleg úgy kell eljárni, hogy először az egyes metrikákat (fitoplankton biomassa (klorofill-a), fitoplankton összetétel, vízvirágzás metrikája) kell kialakítani, majd azokat adott módon kell egyesíteni. Jelen munka során ezt a logikai menetet követjük.

A multimetrikus fitoplankton index kialakításának menete



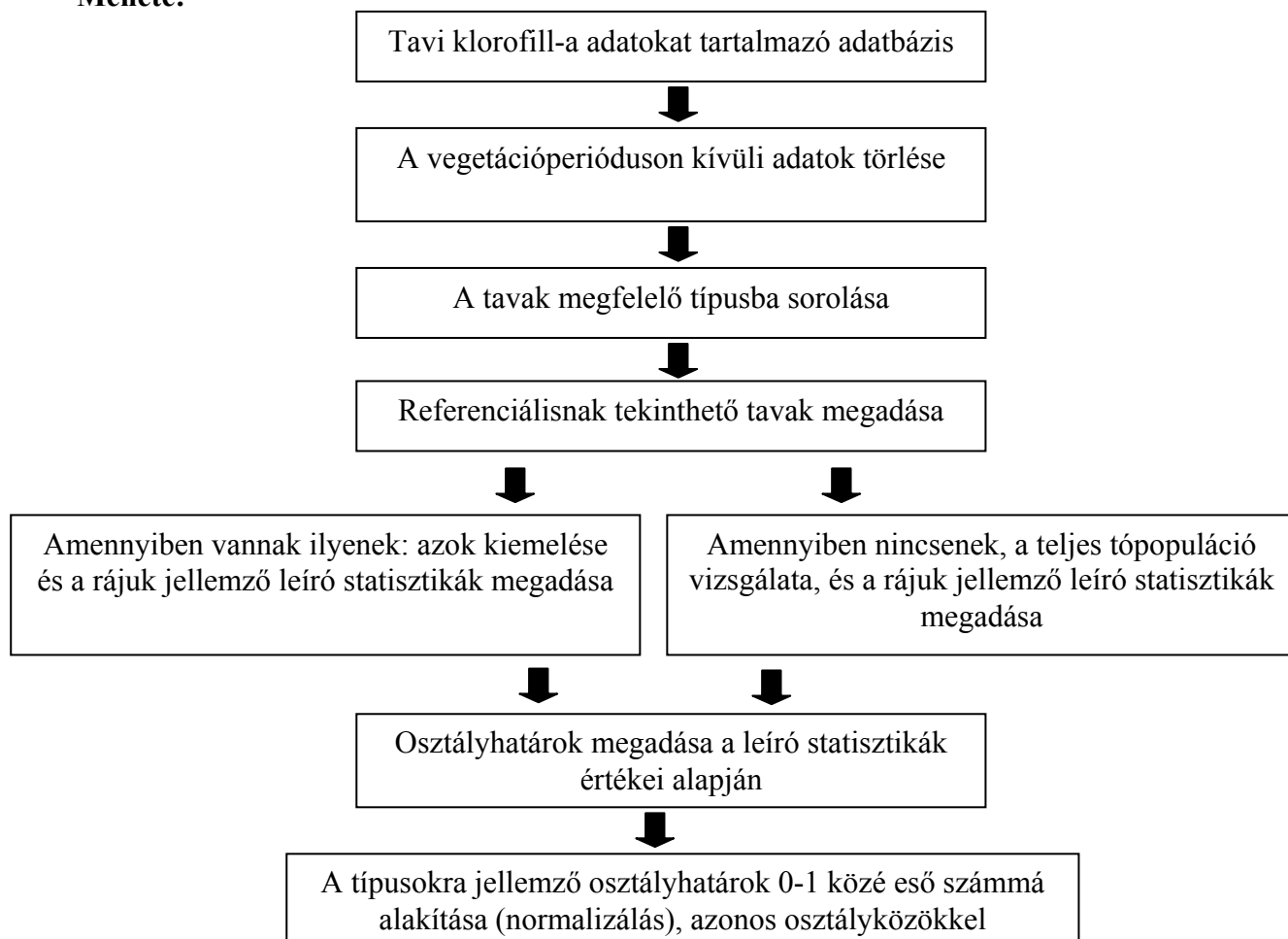
Jelenleg nincs egységes szakmai álláspont arról, hogy mi tekinthető vízirágzásnak adott tótípus esetén. Definíció híján ez a metrika nem használható.

1. A fitoplankton mennyiségi viszonyait jellemző metrika kidolgozása

A fitoplankton mennyiségét jellemzi:

1. egységnyi víztérfogatra megadott fitoplankton biomassa, (használata a kevés adat miatt korlátozott),
2. egységnyi víztérfogatra megadott klorofill-a tartalom. (A jelentős mennyiségű adat miatt a fitoplankton mennyiségi viszonyait jellemző metrika a klorofill-a tartalomra épül (klorofill metrika)).

Menete:

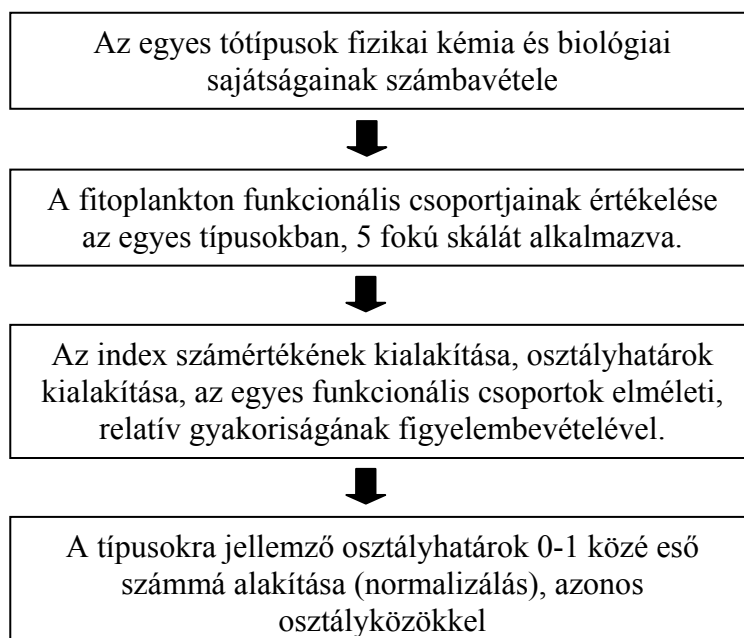


2. A fitoplankton minőségi viszonyait jellemző metrika kidolgozása

A fitoplankton minőségi viszonyi alatt a fitoplankton taxonómiai összetételét értjük. Számszerű formában történő megjelenítések az egyes taxonok relatív gyakoriságát adjuk meg.

A cél az, hogy egy olyan mérőszámot alakítsunk ki, mely megadja, hogy az adott tó fitoplanktonjának aktuális összetétele milyen mértékben tér el attól, ami a referenciálisnak tekinthető tavakra jellemző. A mérőszám képzése szakértői becslésen (ill. ahol lehet historikus adatokon pl. Balaton) alapszik. Elve az, hogy az egyes tótípusok fizikai, kémiai, medermorfológiai ill. biológiai (makrofiton dominancia) sajátosságainak figyelembevételével becsljük, hogy a fitoplankton adott funkcionális csoportjainak előfordulása jól jelent-e a rendszer szempontjából (vagyis az adott típusú, természetes állapotú vizekre jellemzőnek tekinthető-e) vagy sem. Ezt 5-ös skálán értékeljük.

Menete



A két mérőszám egyesítése

Tekintettel arra, hogy az utolsó lépésben mindkét mérőszámot úgy normalizáltuk, hogy értékeik 0-1 közé essenek, egyszerűen (akár átlagolva a két értéket) megkaphatjuk az immár multimetrikus indexet, melynek határértékei az egyenlő terjedelmű osztályhatárokhoz igazodva 0,8; 0,6; 0,4; 0,2 lesznek.

Éves értékelés

A fitoplankton alapján történő ökológiai állapotértékelés a vegetációperiódusban gyűjtött minták aktuális értékeinek átlagai alapján történik.

Állóvizek fitoplankton alapú minősítése

A klorofill-a tartalom alapján történő minősítés

Célok meghatározása

A fitoplankton mennyisége megadható az egységnyi térfogatban előforduló alga-egyedek számával, azok biomasszájával, ill. a vizek klorofill-a tartalmával. Ez utóbbi könnyen mérhető paraméter, és az elmúlt évtizedekben a növényi tápanyagok és a trofitás közötti összefüggése kapcsán végzett vizsgálatok döntő része is e paraméterre irányult. A klorofill-a tartalom a nemzetközi interkalibráció során nagyobb hangsúllyal szerepelt, mint a fitoplankton összetétel. Ez a megközelítés alapvetően helyes az oligotróf, oligo-mezotróf tavak esetén, azonban a többnyire lefolyástalan, természetesen eutróf tavak esetén (a magyar tótipológia több ilyen típust is tartalmaz) megfontolandó, hogy a klorofill-a alapján képzett metrika milyen súllyal szerepeljen a végső minősítés során, ill. az is, hogy bizonyos tótípusok esetén van-e bármilyen relevanciája.

Célunk, hogy meghatározzuk, mely hazai tótípusok esetén kell ezt a metrikát figyelembe venni, ill. ahol relevánsnak tekinthető megadjuk a határértékeket valamennyi osztályra.

Módszer

Első lépésben azt kell eldönteni, hogy melyek azok a tótípusok, ahol a klorofill-a tartalom releváns paraméter, és melyek azok, ahol a tápanyagtartalom és a hidrológiai sajátosságok miatt a klorofill tartalom nem kellően informatív az adott tó ökológiai állapotának értékelésekor. A hazai tótipológia 16 típusa közül öt (1, 4, 5, 10, 11) asztatikus jellegű állóvíz. Az asztatikus jelleg többnyire a tó lefolyástalan jellegéről árulkodik. Ezek az állóvizek természetes módon rendkívül bő tápanyagkínálatúak, eu- ill. hipertrófak. Vizszintingadozásuknak köszönhetően a klorofill-a tartalmuk szélsőségesen változik, s az aktuális érték a tó hidrológiai helyzetétől, a meteorológiai állapottól, a makrofiton borítástól, vagy az inorganikus lebegőanyag mennyiségétől függ. E típusok esetén a klorofill-a tartalom nem valamilyen terhelést, hanem a fenti tényezők adott mintázatát jelzi, ezért határérték megadása értelmetlen.

A további típusok esetén a klorofill-a határérték megadása indokolt. A VKI szelleméből adódóan a határértékek megadása a referenciális állapotú vizek klorofill-a értékeinek adott statisztikái alapján kell történnjen. A területhasználatok és terhelések korábbi értékelése (országjelentés) alapján megállapítható, hogy ilyen vizek Magyarországon sajnos már csak kivételes esetben fordulnak elő. Ha esetleg fellelhető néhány olyan állóvíz, mely a csekély terhelés alapján akár referenciálisnak is tekinthető lenne, számuk rendkívül kevés, a rájuk vonatkozó adatok mennyisége pedig elenyésző, így azok statisztikai elemzésére ezért többnyire nincs lehetőség. Kivételt jelent a 8. típus (Fertő magyarországi rész), mely esetén a pontforrás hiánya és a területhasználat természetes ill. természetközeli jellege lehetővé teszi, hogy a tó mintázott részét referenciálisnak tekintsük.

A klorofill-a határértékek megadása történhet pl. valamilyen a klorofill-a tartalomtól függő jellemző (pl. a makrofitonok maximális kolonizációs mélységének) markáns változása alapján. Erre azonban jelenleg nincs lehetőség, részben mert ilyen jellegű adat nincs birtokunkban, másrészt tavaink jelentős részénél a fényklímát erőteljesen befolyásoló inorganikus lebegő anyagok mennyisége rendkívül jelentős. Egyedüli lehetőségként az adatbázisban található adatok leíró statisztikákkal történő jellemzése maradt. Ennek lépései a következők:

- a tavak típusokba történő besorolása,
- az adatok időintervallum szerinti leválogatása,
- az egyes típusok összehasonlítása (Mann –Whitney-féle U teszt),
- lehetséges összevonások elvégzése,

- az egyes típusokba, ill. típus csoportokba tartozó tavak adatainak leíró statisztikákkal történő jellemzése.
- az osztályhatárok meghatározása statisztikai értékekhez kötve.

A határértékek ismeretében minősítjük az adatbázisban található állóvizeket.

A klorofill-a tartalom stresszor-függőségét is vizsgálnunk kell, nevezetesen a növényi tápanyag tartalom és a klorofill-a koncentráció közötti összefüggést. Ezt mind az aktuális értékekre, mind pedig a vegetációs periódusbeli átlagokra is el kell végeznünk.

Eredmények

A határértékek megadásához mintegy 28 tó adatait használtuk (2. táblázat). A Tekintettel arra, hogy az irányadó irodalmakban a klorofill-a határértékek a vegetáció periódusbeli átlagra vonatkoznak, munkánk során mi is így jártunk el. Ez Magyarország esetén elméletileg 6-7 hónapra terjedő időszak, azonban az állóvizeink monitorozásakor ennél többnyire kevesebb mintavétel történt. Mivel a mintavételek zömében a nyári, nyár végi időszakra estek az adatbázis statisztikai elemzésekor csupán ezt az időszakot vettük figyelembe. (A májustól októberig terjedő 6 hónapos időszak klorofill-a értékeinek mediánja és átlaga valamennyi típus esetén 10-15%-kal alacsonyabbnak bizonyult mint a 4 hónapos időszaké). Az adatbázis szűrése nem automatikusan történt. Tekintettel arra, hogy a vizsgáló laboratóriumok tervezett programját különböző események befolyásolják a mintavételek nem mindig esnek külön hónapba. Többször előfordult, hogy adott hó első és utolsó napjaiban volt mintavétel, s az azt követő hónapban nem. Ez esetben az adott hónap mindkét értékét megtartottuk. Voltak olyan esetek is, amikor a mintavételek pl. az 5. 7. 9. hónapokban történtek. Ez esetben az 5. hónap adatát benne hagytuk az adatbázisban. A teljes topopuláció adatbázisának leíró statisztikáin alapuló határérték képzés komoly hátránya, hogy igazán akkor működik jól, ha az adatbázisban valamennyi minőségi állapot ugyanolyan arányban fordul elő. Ezt azonban nem tudhatjuk előre, hiszen épp most készülnek azok a határértékek amelyek alapján az állapot becsülhető lesz. Tekintettel arra, hogy a korábbi vizsgálatok gyakran célzottan a kedvezőtlenebb minőségű vizekre irányultak, némely típusnál várhatóan eltolódik az arány a rosszabb minőség irányába. Erre volt példa a 13. típus, melynél a Gyálai Holt-Tisza és a Nagyfai Holtág extrém módon magas klorofill-a adatai olymértékben torzították (magnövelték) az adatbázis leíró statisztikáinak értékeit, hogy mindkét vizet ki kellett venni a rendszerből.

Tipológiai validáció

A jelenleg hivatalos magyar tótipológia 16 tótipust tartalmaz. Munkánk során a korábban említett asztatikus típusok kivételével valamennyi típusra igyekeztünk kidolgozni klorofill-a határértéket. A típusok megadásakor elsődleges szempont volt a méret, a hidrogeokémiai karakter és a makrofitonokkal történő fedettség. Az egyes tótipusok azonban nem feltétlenül különböznek a trofitás tekintetében is. Azok a típusok melyek szignifikánsan nem különböznek egymástól összevonhatók. A valós különbségek meghatározása úgy történt, hogy az egyes típusokba tartozó tavak klorofill-a értékeit páronként összehasonlítottuk. A normalitás vizsgálatot követően Mann-Whitney féle U-tesztel vizsgáltuk (1. táblázat) („validálásmátrix excelfájl”), hogy az egyes típusok eltérnek-e egymástól. A táblázatban látható értékek a teszt eredményei. Amennyiben a p értéke kisebb mint 0,05 a két típus között szignifikáns a különbség a klorofill-a tartalom tekintetében. Ez esetben a két típus nem vonható össze. Ahol nem találtunk szignifikáns eltérést ott a csoportokat összevontuk. A Balaton és a Tisza-tó négy- négy almedencéjét szintén bevontuk a vizsgálatokba, de ezek más típusokkal való összevonását kerültük még akkor is, ha statisztikai alapon ezt akár meg is tehettük volna. Előfordult olyan eset is, amikor, jóllehet szignifikáns eltérés nem volt kimutatható (A Poroszlói Medence nyíltvízi része, valamint a makrofiton dominanciával jellemezhető 2-6-12 típusok), az összevonás lehetőségével azonban nem élünk, mert a típusok között limnológiai tekintetben jelentős különbségek vannak. A 3. típus csupán egyetlen tóval van képviselve (Belső-

Béda Holtág) erről azonban nem volt adatunk. Limnológiai szempontból azonban a 7. és 14. típusokkal mutat hasonlóságot ezért az összevonás indokolt.

1. táblázat Az egyes tótípusok (klorofill-a alapján történt) páronkénti összehasonlítása során kapott értékek.

	2	6	7	8	9	12	13	14	15 TValki	15 Poroszlói	15 Sarudi	15 Abádszalóki	16 Keszthelyi	16 Szigligeti	16 Szemesi	16 Siófoki
2		0,6375	0,0157	0,1928	**	0,182	**	0,0602	0,0004	0,9818	0,1163	0,0181	0,0008	0,12	0,0043	**
6			0,0001	0,0075	**	0,2405	**	**	**	0,4643	0,014	**	**	0,0099	0,0017	**
7				0,0132	**	0,0095	**	0,2673	0,0681	0,0136	0,2516	0,7598	0,1494	0,2697	**	**
8					**	0,0285	**	0,0931	**	0,3028	0,5163	0,0208	**	0,3597	**	**
9						0,8821	**	**	**	**	**	**	**	**	0,167	**
12							**	0,0188	**	0,1389	0,035	0,0042	0,0015	0,0247	0,6463	0,3677
13								**	0,0369	**	**	0,0013	**	**	**	**
14									0,0048	0,0594	0,5206	0,1976	0,0034	0,7521	**	**
15 TValki										**	0,004	0,1621	0,451	0,0088	**	**
15 Poroszlói											0,2153	0,0147	**	0,1475	0,007	**
15 Sarudi												0,2012	0,0232	0,8984	**	**
15 Abádszalóki													**	0,2482	**	**
16 Keszthelyi														0,0162	**	**
16 Szigligeti															**	**
16 Szemesi																**
16 Siófoki																**

A Balaton egyetlen különálló típus, de négy eltérő adottságú medencéből áll melyek a trofitás szempontjából vélhetően a tó érintetlen állapotában is különböztek egymástól. A tó hossz tengelye mentén elhelyezkedő medencék mintavétel szempontjából is külön egységeket képeznek már évtizedek óta, így az azokra vonatkozó adatok elérhetőek. Jóllehet valamennyi medencére megadhatók határértékek, de ez a VKI „egy víztest egy határérték” elve miatt nem lehetséges. Egyetlen határérték megadására úgy van mód, ha az adott időponthoz tartozó mintavételek eredményeit átlagoljuk, s ezekre adjuk meg a határértéket.

Ugyan ezzel a problémával kell szembesülnünk a Tisza-tó esetén, ahol szintén négy, némiképp eltérő medence különíthető el (Abádszalóki, Poroszlói, Tiszavalki, Sarudi), s ezek mindegyikét vizsgálni kell. A határérték(ek) megadása itt is úgy történt, mint a Balaton esetén, azaz a medencék értékeinek átlagára adtunk meg egyetlen határértéket.

A határértékek megadása

A határértékek megadásához kiszámoltuk az adott típusba. tartozó tavak nyári (6-9) hónapokban mért klorofill-a koncentrációinak leíró statisztikáit 3. táblázat („chl-avégső excelfájl”). A határértékek megadásakor a 25-ös, 75-ös, 90-es és 95-ös percentilisek értékeit vettük figyelembe (4. táblázat).



A 8. típusban a határértékek megadása részben a leíró statisztikák, részben becslés alapján történt.

2.Táblázat A magyarországi tótípusok. (Az azonos háttérszínnel jelölt típusok kerültek összevonásra. A vastagon szedett tavak adatait használtuk fel a validáció során és a határértékek megadásakor.)

Típus kód	Típus jellemzők
1	Szerves – kis területű – sekély – benőtt vízfelületű (nyílt vízfelület <33%) időszakos (1 db) Péteri-tó
2	Szerves – kis területű – sekély – benőtt vízfelületű (nyílt vízfelület <33%) (3 db) Egyeki-Holt-Tisza, Tiszacsegei Holt-Tisza, Kolon-tó
3	Szerves – kis területű – sekély – nyílt vízfelületű (nyílt vízfelület >33%) (1 db) Belső-Béda holtág
4	Szikes – kis területű – sekély – benőtt vízfelületű (nyílt vízfelület <33%) időszakos (7 db) Bába-szék, Észak-Böddi, Kis-rét, Sárszentágotai-sóstó, Nagyvadas-tó, Kisteleki Müller-szék, Lódri-tó
5	Szikes – kis területű – sekély – nyílt vízfelületű (nyílt vízfelület >33%) időszakos (7 db) Böddi-szék, Csikópusztai-tó, Szabadszállási Büdös-szék, Zabszék, Pusztaszeri Büdösszék, Kelemenszék, Kardoskúti Fehér-tó
6	Szikes – kis területű – sekély – benőtt vízfelületű (nyílt vízfelület <33%) (1 db) Velencei-tó nádas-lápi terület Német tisztás
7	Szikes – kis területű – sekély – nyílt vízfelületű (nyílt vízfelület >33%) (6 db) Szelidi-tó, Harangzugi Holt-Körös, Madarász-tó, Ősze-szék, Nagy-Széksóstó, Kanyari Holt-Tisza
8	Szikes – közepes területű – sekély – nyílt vízfelületű (nyílt vízfelület >33%) (1 db) Velencei-tó nyílt vizes terület (Fürdető, Agárd)
9	Szikes – közepes területű – sekély – benőtt vízfelületű (nyílt vízfelület <33%) (1 db) Fertő-tó (magyarországi rész)
10	Meszes – kis területű – sekély – benőtt vízfelületű (nyílt vízfelület <33%) időszakos (2 db) Szarvas-tó, Énekes-ér
11	Meszes – kis területű – sekély – nyílt vízfelületű (nyílt vízfelület >33%) időszakos (1 db) Nádas-tó
12	Meszes – kis területű – sekély – benőtt vízfelületű (nyílt vízfelület <33%) (7 db) Kadia Ó-Duna, Kelebiai-halastavak, Kengyel-tó, Lipóti-morotvató , Montaj-tó, Pélyi-tó, Felső-Morotva
13	<i>Meszes – kis területű – sekély – nyílt vízfelületű (nyílt vízfelület >33%) (25 db) Riha-tó, Keleti-holtág, Nagybaracscai Holt-Duna, Vadkerti-tó (Nagy-Büdös-tó), Vidre-éri halastavak, Tizsakécskei Holt-Tisza, Faddi Holt-Duna, Tolnai Déli Holt-Duna, Tolnai Északi Holt-Duna, Szamossályi-Holt-Szamos, Tunyogmatolcsi-Holt-Szamos, Cibakházi Holt-Tisza, Fegyverneki Holt-Tisza, Gyova-Mámai Holt-Tisza, Halásztelek-Türtő-Harcsás Holt-Körös, Szajoli Holt-Tisza, Kiskunhalasi Sós-tó, Félhalmi-holtágrendszer, Szarvas-Békésszentandrás holtágrendszer, Peresi holtágrendszer, Serházzugi Holt-Tisza, Tiszaugi Holt-Tisza, Nagyfai-holtág, Cserőközi Holt-Tisza, Bogyiszlói Holt-Duna, Gyálai Holt-Tisza, Siratói Holt Körös, Schisler Holtág, Lakitelki Holt-Tisza, Danzugi Holtág, Torzsási Holtág, Harangzugi Holt-Körös, Alpári Holt-Tisza</i>
14	Meszes – kis területű – közepes mélységű – nyílt vízfelületű (nyílt vízfelület >33%) (5 db) Atkai Holt-Tisza, Tiszadobi Holt-Tisza, Alcsi Holt-Tisza, Tiszaluci Holt-Tisza
15	Meszes – közepes területű – sekély – nyílt vízfelületű (nyílt vízfelület >33%) (4 db) Tisza-tó: Abádszalóki-, Tiszavalki-, Poroszlói-medence, Sarudi-medence, Csaj-tó
16	Meszes – nagy területű – közepes mélységű – nyílt vízfelületű (nyílt vízfelület >33%) (1 db) Balaton (Keszthelyi-, Szigligeti-, Szemesi-, Siófoki-medence)

3. táblázat A magyarországi tótipusok klorofill-a tartalmának leíró statisztikái (a Tisza-tó és a Balaton egyesített medencéire).

statisztikák	1,4,5,10,11	2-6-12	3-7-14	8	9	13	15	16
átlag		21,61	31,00	11,69	21,696	46,18	28,48	12,93
0,25		10	11,8	5,9	11,8	12	16,21	6,35
Medián	0,50	15,15	23	9,4	18,5	30	25,75	11,28
0,75		24,9	39	15,7	29,6	62	37,18	17,79
0,80		28,4	44	17,8	32,12	71,72	39,3	20,11
0,85		31,8	54	18,9	34,32	82,98	42,025	22,64
0,90		42,98	66	22,5	38,5	100,18	53,75	26,89
0,91		43,45	67,44	22,72	38,81	106,54	55,57	27,45
0,92		44,01	69	23,68	40	110,24	56,59	28,24
0,95		51,44	86,08	26,92	44,82	133,25	59,91	30,10
Maximum		160,6	264	56,3	57,7	897,1	68,75	37,75

4. táblázat. Javaslat a határértékekre az egyes típusokban (a Tisza-tó és a Balaton egyesített medencéire)

A határértékek megadásakor a 25-ös, 75-ös, 90-es és 95-ös percentilisek értékeit vettük figyelembe.

Típusok	1,4,5,10,12	2, 6, 12	3, 7, 14	8	9	13	15	16
Kiváló	–	≤10	≤12	≤10	≤12	≤12	≤16	≤6
Jó	–	≤25	≤39	≤23	≤30	≤60	≤37	≤18
Közepes	–	≤43	≤66	≤30	≤39	≤100	≤54	≤27
Gyenge	–	≤51	≤86	≤56	≤45	≤129	≤60	≤30
Rossz	–	>51	>86	>56	>45	>129	>60	>30

Ahhoz, hogy a fenti határértékeket multimetrikus index részévé tegyük 0 és 1 közötti számokká normalizáltuk azokat („tóklorofilnorm” excelfájl), mégpedig úgy, hogy az így kapott határértékek egyenlő osztálytartományokat jelöljenek ki (0,2; 0,4; 0,6; 0,8;).

5. Táblázat. Az egyes tótipusok klorofill-a határértékeinek normalizálásához használt formulák

Tótipusok és típuscsoportok	A normalizáláshoz használt formula	R ²
2-6-12,	$y = 0,000008 * x^2 - 0,015 * x + 0,9796$	0,9869
3-7-14,	$y = 0,00003 * x^2 - 0,0111 * x + 0,9711$	0,9927
8,	$y = -0,0002 * x^2 - 0,0053 * x + 0,9072$	0,9983
9,	$y = 0,0001 * x^2 - 0,0207 * x + 1,0118$	0,9973
13,	$y = -0,00002 * x^2 - 0,0029 * x + 0,8348$	0,9993
15	$y = -0,00002 * x^2 - 0,0024 * x + 0,8074$	0,9818
16	$y = -0,00008 * x^3 + 0,0037 * x^2 - 0,0654 * x + 1,0663$	0,9980

A fitoplankton taxonómiai összetételén alapuló minősítés

A tavak taxonómiai alapú értékelése során a Padisák és mtsi. (2006) közleményében leírtak alapján jártunk el. A módszer lényege az, hogy ismerve a fitoplankton funkcionális csoportjainak környezeti igényét, és ismerve egy adott tótípusra jellemző fizikai, kémiai és biológiai változók mintázatát, becsülhető, hogy egy adott funkcionális csoport jelenléte a természetes állapotú tóban milyen mértékben kívánatos (magasabb F érték), ill. nem az (alacsony F érték). (Amennyiben nagy számban volna referenciális állapotú tavunk az adott típusban, az értékelés természetesen történhetne empirikus modell alapján, de e tavak híján az F értékek megadásakor csak historikus adatokra és szakértői becslésre támaszkodhatunk)

A tavak új tipológiája miatt az egyes kodonok típusonkénti értékelését újból elvégeztük.

6. táblázat A fitoplankton funkcionális csoportjainak értékelése (F 1-5-ig) a hazai tótípusokban (1-16).

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
A	5	5	5	1	1	3	1	5	5	5	5	5	5	5	5	5
B	5	5	5	1	1	2	1	2	2	5	5	5	5	5	4	3
C	4	4	4	1	1	2	3	4	4	5	5	5	5	4	5	5
D	5	5	4	2	2	4	2	4	4	5	4	5	4	3	2	3
N	5	5	5	2	2	5	3	5	2	5	5	5	5	5	5	5
P	5	5	5	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5
T	5	5	5	2	2	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
S1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1
S2	3	3	2	4	4	1	3	1	3	3	2	3	2	2	2	2
S _N	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Z	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
X3	4	4	4	1	1	4	1	4	5	4	4	4	4	4	4	4
X2	4	4	4	1	1	4	1	4	4	4	4	4	4	4	4	4
X1	5	5	5	3	3	4	3	3	5	5	5	5	5	4	5	4
X _{ph}	4	4	4	1	1	2	1	3	3	4	4	4	4	4	4	4
Y	5	5	5	1	1	3	1	3	3	5	5	5	5	5	5	2
E	5	5	5	1	1	3	1	3	2	5	5	5	5	5	3	2
F	3	3	3	2	3	4	4	3	5	3	3	3	3	3	4	5
G	5	5	5	2	2	3	2	3	1	4	4	4	4	4	4	1
J	5	5	5	2	2	3	2	3	2	5	5	5	5	5	4	1
K	2	2	2	5	5	5	5	5	4	2	2	2	2	2	2	2
H1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
H2	3	3	3	3	3	2	3	2	3	3	3	3	3	3	3	3
U	5	5	5	1	1	1	1	1	1	5	5	5	5	5	3	1
L _O	5	5	5	1	1	5	1	5	3	5	5	5	5	5	5	5
L _M	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1
M	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1
R	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	1	1
V	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1
W1	2	2	2	5	5	3	1	2	3	3	2	3	1	1	1	1
W2	4	4	4	4	4	4	4	3	3	4	4	4	4	3	1	1
W _S	4	4	4	1	1	1	1	1	1	4	4	4	4	4	1	1
Q	4	4	4	1	1	5	1	4	1	4	4	4	4	4	4	1
MP	3	3	3	5	5	5	5	5	5	3	3	3	3	3	3	5

A tavak állapotát jellemző Q_k társulásindexet korábban az alábbi formula szerint számoltuk:

$$Q_k = \sum_{i=1}^s (p_i F_i),$$

Problémaként jelentkezett azonban, hogy az indexben a magas faktorsúlyú (F) taxonok jelenléte magas indexet eredményez, még akkor is, ha a mintában a legkedvezőtlenebbnek ítélt taxonok is megjelennek. Emiatt a formulát úgy dolgoztuk át, hogy abban hangsúlyosan jelenjenek meg a plankton negatív elemei.

$$Q_{ki} = \frac{\sum_{i=1}^5 p_i F_i}{\sum_{i=1}^5 p_i F_i * F_{wi}}$$

p_i = i Faktorértékű kodonok relatív gyakorisága

F_{wi} : az adott i Faktorhoz tartozó súlyozási érték

F_i	F_{wi}
5	1
4	2
3	3
2	9
1	27

A Q index javasolt osztályhatárai referenciális tavak híján csak úgy adhatók meg, ha elméletben modellezzük, hogy a különböző faktorokhoz rendelhető algacsoportok($p_i F_1$, $p_i F_2$ stb.) adott részesedése mellett a Q milyen értékeket vesz föl („súlyozás1” excelfájl). Ezek ismeretében az alábbi határértékekre teszünk javaslatot:

	Q
Kiváló	0,8<
Jó	0,46
Közepes	0,3
Gyenge	0,2
Rossz	<0,2

A klorofill-a tartalommal képezhető multimetrikus indexhez a fenti határértékek normalizálása szükséges. Ehhez a fenti határértékekhez 0,8; 0,6; 0,4; 0,2; elméleti osztályhatárokat, majd a pontokra polinomot illesztettünk („súlyozás1” c. excel file). A polinom egyenlete alapján tetszőleges Q-ra megadható a normalizált érték.

A normalizáláshoz használt formula: $y = 2,9044x^3 - 5,8143x^2 + 4,3764x - 0,4666$
 $R^2 = 1$

Javaslat a metrikák egyesítésére

A fitoplankton alapján történő ökológiai állapot értékelés a VKI ajánlása szerint a fitoplankton taxonómiai összetételén, a fitoplankton mennyiségén (klorofill-a tartalom alapján becsülve), valamint a vízvirágzások gyakoriságán kell alapuljon. Ez utóbbi fontos információ, de korrekt definíciója nincs, és így olyan metrika sem alkotható, amit a minősítéskor figyelembe vehetnénk. Adott azonban a fitoplankton összetételének és mennyiségének metrikája, mégpedig normalizált, azaz összevethető formában. A tavak ökológiai állapotának értékelésekor egyetlen kategóriát kell megadni. A tavi fitoplankton esetén, amennyiben a vegetáció periódus minden hónapjában történik mintavétel, havi két metrikát állítunk elő. Kérdés, hogy ezeket mi módon összegezzük.

1. Az egyik lehetőség, hogy mind a klorofill-a mind pedig az összetétel alapján külön értékeljük a vízfolyást, majd a két értékelés alapján adunk végső értékelést az adott időpontra. Ezt követően az adott év valamennyi mintavételi időpontjához tartozó értékelések alapján hozzuk meg a döntést. Ebben az esetben már a legelső lépésben diszkrét kategóriákká, minőségi osztályokká változtatjuk a normalizált értékeinket.
2. Másik lehetőség, hogy a klorofill-a és a Q index normalizált értékeivel valamilyen matematikai műveletet végzünk, s az így kapott értékekre adunk meg osztályhatárokat. Ez esetben a második lépésben (az adott hónapra nézve) jutottunk diszkrét kategóriáig, s onnantól ugyan azok a lehetőségek, mint az első pontban.
3. A harmadik lehetőség, hogy az adott hónapra a klorofill-a és a Q index normalizált értékeiből képezünk egy számot, s ezeket valamilyen módon összegezzük az adott évben. Így az adott évre vonatkozóan egyetlen számunk van, s erre adunk meg határértékeket.

Mind a három lehetőségnek megvannak a maga előnyei ill. hátrányai. Az első és a második esetben mód van arra, hogy a VKI által szorgalmazott „one out all out” módszert alkalmazva valamelyik paraméter legrosszabb értéke alapján minősítsünk. Ennek egyik hátránya (vagy éppen előnye) az, hogy egyetlen gyenge metrika le tudja rontani a többit, legyenek azok akár kiválóak. Ugyancsak problémát jelent, hogy nem jelenik meg a különbség akkor, ha az értékek rendre egy adott osztály legalsó, vagy legfelső tartományába esnek.

A második esetben, amikor a metrikák kombinációja során előállt végső értékre adunk határértéket előállhat olyan szituáció, amikor egy valóban negatív és súlyos minőségi állapotot a további időszakok kedvező metrikái felpuhítanak. Ugyanakkor ezzel a rendszerrel vitathatatlanul árnyaltabban minősíthetünk.

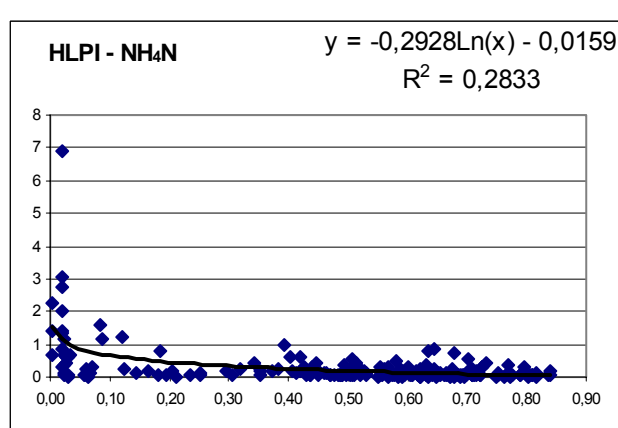
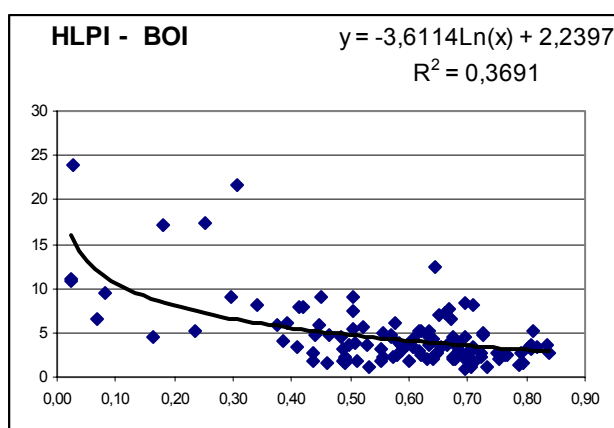
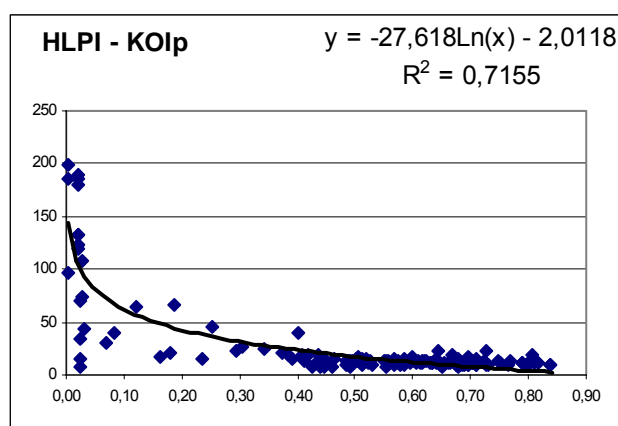
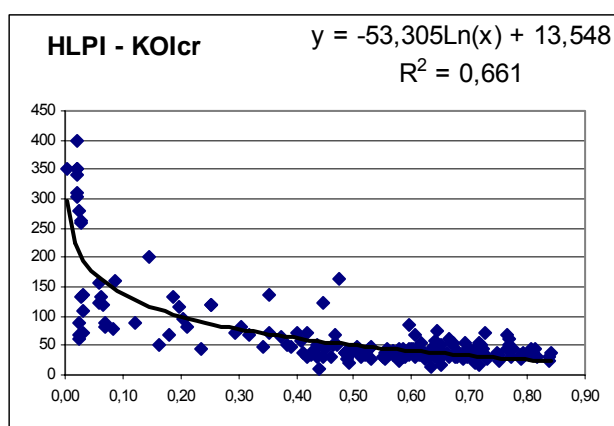
A fentiek közül a 3. lehetőséget választottuk. Tekintettel arra, hogy mindkét metrikánk normalizált értékét meg tudjuk adni, a multimetrikus indexben egyszerűen ezek átlagát képezzük.

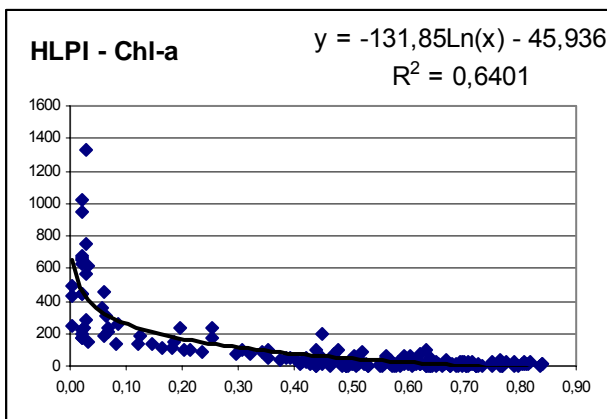
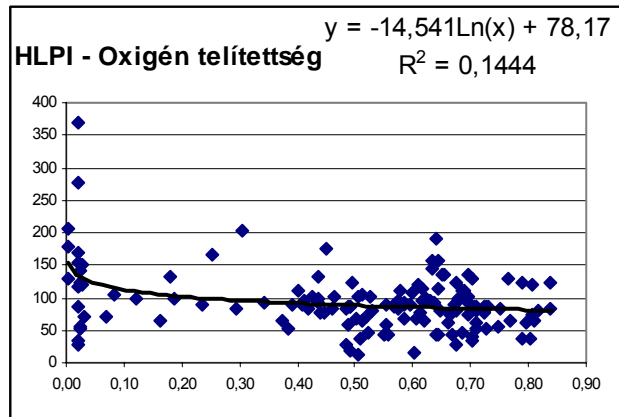
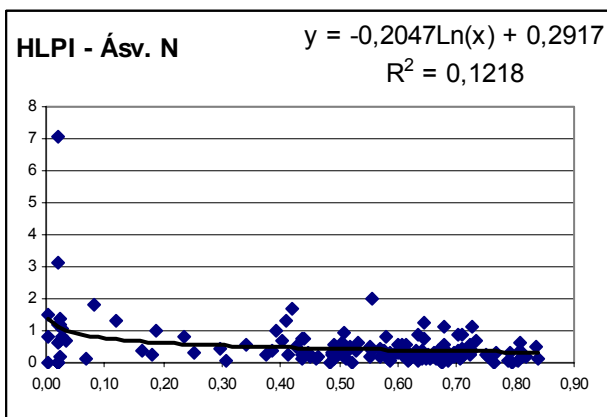
$$HLPI = \frac{\text{Norm.Chl-a} + Q_{ki}}{2}$$

Ahol HLPI : magyar tavi fitoplankton index,
Norm.Chl-a: a klorofill-a tartalom metrikája,
Q_{ki} : a fitoplankton taxonómiai összetételén alapuló metrika..

A tavi fitoplankton index stresszorfüggése

A kialakított biotikus indexekkel szembeni jogos elvárás, hogy érzékenyek legyenek bizonyos környezeti terhelésekre. Ez az érzékenység akkor igazolható, ha a terhelés valamilyen mérőszáma (többnyire valamilyen koncentráció) és az index értéke között erős, szignifikáns összefüggés áll fenn. A tavi fitoplankton index stresszorfüggésének vizsgálatok a hidrobiológiai gyakorlatban leggyakrabban használt terhelésmutatók (a szerves és szervetlen terhelést jelző paraméterek) és az index értéke közötti matematikai összefüggést vizsgáltuk („indexektesztje” excelfile). Az alábbiakban láthatók az összefüggéseket bemutató diagrammok, a változók közötti kapcsolatot leíró formulákkal és az R^2 értékekkel. Az adatbázis kellő számú adatot csupán a 13. típus tavaira, (ill. ebbe a típusba sorolható mesterséges tavakra) tartalmazott kellő számú adatot. Jóllehet ez mindössze egyetlen típus de tavaink többsége ebbe tartozik. *(Az index stresszorfüggésének vizsgálatok elegánsabb lett volna, ha az X tengelyen a stresszor van, nem pedig az index, de a vizsgálat gyakorlati kivitelezését ez az elrendezés rendkívüli mértékben gyorsította, u.akkor a görbe lefutását és az R^2 értékének alakulását nem befolyásolta)*





A HLPI különböző stresszorokkal történő összevetése alapján megállapítható, hogy különösen erős összefüggés figyelhető meg a szerves terhelést jelző paraméterekkel (KOI_{Cr} , KOI_P , NH_4N). Az összefüggés mögött részben autokorreláció is meghúzódik, mivel az indexben szereplő klorofill-a metrika a fitoplankton biomasszáját jellemzi, ami természetes módon megjelenik a KOI és BOI értékekben. Az összefüggésnek azonban nem csak ez az oka (amennyiben csak ez lenne a HLPI CHL-a összefüggés R^2 értéke 1 körüli lenne). A tavak szerves terhelése a mixotróf szervezetek (Volvocales rendbe tartozó zöldalgák, Euglenophytonok) arányának növekedésével jár, s ez meg is jelenik az index értékében. Ugyancsak csökkenti az index értékét a fonalas cianobaktériumok jelentősebb részesedése is. Ezek a szervezetek a magas (többnyire formált) szervesanyag tartalmú vizekben a zavarosság növekedése folytán válhatnak dominánssá, mivel fényantennaként működve jól tűrik a kedvezőtlen fényviszonyokat. (Az autokorrelációval kapcsolatosan meg kell jegyezzük, hogy a hidrobiológiai szakirodalmakban leggyakrabban bemutatott TP-chl-a összefüggés mögött ugyancsak erős autokorreláció van.)

Az index növényi tápanyagtartalommal való összevetése nem utal szorosabb kapcsolatra, ami a többnyire fénylimitált, eutróf ill. hipertróf tavak esetén egyáltalán nem meglepő.

Folyóvizek fitoplankton alapú minősítése

A klorofill-a tartalom alapján történő minősítés

Célok meghatározása

A vízfolyások ökológiai állapotának értékeléséhez a Víz Keretirányelv nem tartja fontosnak a fitoplankton vizsgálatát. Azonban hazai és nemzetközi vizsgálatok is azt igazolják, hogy az eutróf állapot kialakulása vízfolyásaink jelentős részénél korántsem tekinthető ritka jelenségnek. Tekintettel arra, hogy a fitoplankton biomaszájának nem kívánatos növekedése folyók esetén ugyanolyan kockázatot jelent (mind a vízi élőlényközösségekre, mind pedig a vízhasználatokra nézve), mint az állóvizeknél, a folyóvízi fitoplankton rendszeres monitoringjától nem tekinthetünk el. A folyóvizek fitoplankton alapú ökológiai minősítése – akárcsak a tavak esetén – a fitoplankton mennyiségét, és összetételét leíró mérőszámokon kell alapuljon.

Célunk, hogy első lépésben, a VKI szakmai elvárásainak megfelelően, valamennyi hazai vízfolyástípusra, valamennyi vízminőségi osztályra klorofill-a határértékeket állapítsunk meg.

Módszer

A VKI elvárásainak megfelelően a klorofill-a tartalomra vonatkozó határértékeknek típus specifikusnak kell lenniük. A típus specifikus határértékrendszer kidolgozásához a folyóvizekre vonatkozó hazai adatbázis adatait használtuk föl („chlorfolyo” excelfájl). A munka a következő lépések szerint zajlott.

1. A folyóvizeket első lépésben besoroltuk a megfelelő típusba. (a hivatalos besorolásból indultunk ki, amit terepi ismereteink alapján számos helyen javítottunk.)
2. Az adatbázisból kiemeltük a vegetáció periódus (5-10. hónapok) adatait.
3. Az egyes típusokat a klorofill-a adatsorok alapján páronként összehasonlítottuk. (Kruskal-Wallis teszt)
4. Tekintettel arra, hogy a páronkénti összehasonlítás eredménye több ponton a vízfolyások hidrológiai, hidromorfológiai sajátágaival összhangban nem lévő, azoknak ellentmondó eredményt adott, próbáltunk az adatbázisban valamennyi típusban olyan vízfolyásokat keresni, melyek a klorofill-a értékek alapján akár referenciálisnak is tekinthetők. Erre a tavakkal szemben azért van lehetőségünk, mert a vízfolyások zömében, a megnövekedett tápanyag tartalom nem jelentkezik stresszorként a fitoplankton számára a csekély tartózkodási idő miatt. (Ez sokkal inkább jelentkezik a fitobentoszban)
5. Az egyes típusokat a referenciális vízfolyások adatbázisa alapján újból páronként összehasonlítottuk.
6. A hidromorfológiai sajátságokat és a hasonlósági mátrix adatait figyelembe elvégeztük a lehetséges összevonásokat, és ún. típuscsoportokat képeztünk.
7. Az egyazon típuscsoportba tartozó folyók adatait összevontuk, s azokra kiszámoltuk az osztályhatárok megállapításakor figyelembe vehető leíró statisztikák értékeit.
8. A jellemző értékek alapján megadtuk az osztályhatárokat

Medián	kiváló/jó
75-ös percentilis	jó/közepes
90-ös percentilis	közepes/gyenge
95-ös percentilis	gyenge/rossz

A Duna esetén nem volt lehetőség referenciális vizek kijelölésére, ezért itt a teljes adatbázis elemzésével és szakértői becsléssel állapítottunk meg határértékeket.

Eredmények

Tipológiai validáció

A vegetáció periódus adatainak kiemelését követően az adatbázis 43301 klorofill-a mérési adatot tartalmazott („**klorofyó1029**” **excelfile**). Egyes típusokra, többnyire kis vízfolyásokra vonatkozóan kevesebb (11. típus esetén 72 adat), míg a jelentősebb folyókra több (20. típus esetén 8094) mért értéket találhatunk. Az egyes típusokba tartozó vízfolyások klorofill-a adatainak páronkénti összevetése olyan eredményt adott (6. táblázat) ami ellentmond annak, ami a vízfolyások hidromorfológiai sajátágaiból kellene, hogy következzen. Olyan típusok sem mutattak hasonlóságot, melyek a fitoplankton szempontjából elméletileg teljesen azonosak (pl. az 1. és 2. típus). A hasonlóság valójában a terhelések hasonlóságát jelentette. Amennyiben az osztályhatárokat az adatok valamely leíró statisztikájához akarjuk rendelni az adatbázis eredeti formájában erre alkalmatlan.

Az adatbázis adatait végigellenőrizve, töröltük azokat a vízfolyásokat, melyek extrém értékeket tartalmaztak, ill. azokat, amelyekről bebizonyosodott, hogy tározottak, vagy tározott vizeket is fogadnak. Az így nyert adatbázist referenciális adatbázisnak tekintettük akkor is, ha tudott, hogy a vízgyűjtőterületen a területhasználat ezt nem indokolná. Erre azért van lehetőség, mert a vízfolyásokban mérhető valóban jelentős növényi tápanyagterhelés elsősorban a bentikus makro- és mikroflóra mennyiségében jelentkezik, s amennyiben duzzasztás nincs, a rövid tartózkodási idő miatt a fitoplankton nem érinti érzékelhető mértékben. Az így szűrt adatbázison újból elvégeztük a páronkénti összehasonlítást, ami már olyan eredményt adott, ami logikailag nem mond ellent annak, ami a folyóvízi fitoplankton mennyiségi viszonyaival kapcsolatban elvárható (7. táblázat). A teszt alapján kapott eredmények, valamint a vízfolyások hidrológiai, hidromorfológiai sajátságainak ismeretében olyan típuscsoportokat hoztunk létre, melyekre egységes osztályhatárokat állapíthatunk meg (8. táblázat). A típuscsoportokba tartozó típusok leíró statisztikáinak áttekintése során akadt néhány olyan típus, melyek esetén a várt értékeknél nagyobbakat kaptunk. E típusok adatait kiemeltük, majd a típus csoportokba eső típusok valamennyi adatára nézve adtuk meg a statisztikákat.

6. táblázat Az egyes típusokba tartozó valamennyi vizsgált vízfolyás klorofill-a adatainak összevetése

Depend.: chl a	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
	R:5928,1	R:7980,7	R:12255,	R:8846,2	R:15786,	R:18494,	R:16138,	R:15255,	R:23591,	R:22088,	R:12415,	R:16352,	R:19122,	R:21249,	R:19149,	R:16833,	R:23182,	R:21348,	R:17163,	R:22045,	R:22095,	R:26771,	R:27689,	R:28922,	R:32164,	R:21125,
1		1,000000	0,009456	1,000000	0,000000	0,000000	0,000105	0,000000	0,000000	0,000000	0,396191	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
2	1,000000		0,000346	1,000000	0,000000	0,000000	0,000069	0,000000	0,000000	0,000000	1,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
3	0,009456	0,000346		0,886948	0,000011	0,000000	1,000000	0,011597	0,000000	0,000000	1,000000	0,001195	0,000000	0,000000	0,000041	0,000051	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
4	1,000000	1,000000	0,886948		0,000000	0,000000	0,008241	0,000001	0,000000	0,000000	1,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
5	0,000000	0,000000	0,000011	0,000000		0,000000	1,000000	1,000000	0,000000	0,000000	1,000000	1,000000	0,000000	0,000000	1,000000	1,000000	0,000000	0,000000	0,000364	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
6	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000		1,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,010513	0,788281	1,000000	0,000000	1,000000	1,000000	0,000000	0,000000	0,006419	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
7	0,000105	0,000069	1,000000	0,008241	1,000000	1,000000		1,000000	0,000090	0,015135	1,000000	1,000000	1,000000	0,158069	1,000000	1,000000	0,000480	0,105412	1,000000	0,013011	0,017084	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,183839
8	0,000000	0,000000	0,011597	0,000001	1,000000	0,000000	1,000000		0,000000	0,000000	1,000000	1,000000	0,000000	0,000000	0,543788	1,000000	0,000000	0,000000	0,013148	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
9	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000090	0,000000		0,017579	0,000000	0,000000	0,000000	0,000001	0,058843	0,000000	1,000000	0,000000	0,000000	0,000003	0,108630	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
10	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,015135	0,000000	0,017579		0,000000	0,000000	0,000000	1,000000	0,000000	0,000000	1,000000	1,000000	0,000000	1,000000	1,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	1,000000
11	0,396191	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	0,010513	1,000000	1,000000	0,000000	0,000000		1,000000	0,002505	0,000001	0,090406	1,000000	0,000000	0,000000	0,354512	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000001
12	0,000000	0,000000	0,001195	0,000000	1,000000	0,788281	1,000000	1,000000	0,000000	0,000000	1,000000		0,123835	0,000000	1,000000	1,000000	0,000000	0,000000	1,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
13	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	1,000000	1,000000	0,000000	0,000001	0,002505	0,123835		0,012882	0,012882	1,000000	0,906579	0,000000	0,000712	0,005185	0,000000	0,000012	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,004687
14	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,158069	0,000000	0,000000	0,000001	1,000000	0,000001	0,000000	0,012882		1,000000	0,002763	1,000000	0,000000	1,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	1,000000
15	0,000000	0,000000	0,000041	0,000000	1,000000	1,000000	1,000000	0,543788	0,058843	1,000000	0,090406	1,000000	1,000000	1,000000		1,000000	0,257943	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	1,000000
16	0,000000	0,000000	0,000051	0,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	0,000000	0,000000	1,000000	0,906579	0,000000	1,000000		0,000000	0,000000	1,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
17	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000480	0,000000	0,000000	1,000000	0,000000	0,000000	0,002763	0,257943	0,000000		0,000000	0,000355	0,000000	0,199256	1,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000006
18	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,105412	0,000000	0,000000	1,000000	0,000000	0,000000	0,000712	1,000000	1,000000	0,000000	0,000355		0,000000	1,000000	1,000000	1,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	1,000000
19	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,003640	0,006419	1,000000	0,013148	0,000000	0,000000	0,354512	1,000000	0,005185	0,000000	1,000000	1,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
20	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,013011	0,000000	0,000000	0,000003	1,000000	0,000000	0,000000	0,000000	1,000000	1,000000	0,000000	0,199256	1,000000	0,000000		1,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,066220
21	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,017084	0,000000	0,18630	1,000000	0,000000	0,000000	0,000012	1,000000	1,000000	0,000000	1,000000	1,000000	0,000000	1,000000		0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	1,000000
22	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	1,000000	0,002565	0,000000	0,000000
23	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	1,000000	0,000000	1,000000	0,000000	0,000000
24	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,002565	1,000000		0,000000	0,000000
25	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000		0,000000
26	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,183839	0,000000	0,000000	1,000000	0,000001	0,000000	0,004687	1,000000	1,000000	0,000000	0,000006	1,000000	0,000000	0,066220	1,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000

7. táblázat Az egyes típusokba tartozó referenciálisnak tekintett vízfolyások klorofill-a adatainak összevetése

Depend.: chl a	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
	R:2337,6	R:1316,1	R:4078,9	R:3373,2	R:3891,1	R:5827,8	R:5959,9	R:3474,0	R:2297,5	R:7027,6	R:4273,0	R:5055,5	R:2944,0	R:5708,1	R:6868,0	R:5899,5	R:4509,3	R:5352,0	R:4861,2	R:5520,6	R:7533,7	R:6472,4	R:9627,6	R:9963,4	R:11081,	R:5659,3
1		1,000000	0,153598	1,000000	0,623813	0,000000	0,000007	1,000000	1,000000	0,000000	1,000000	0,000091	1,000000	0,000000	0,000000	0,000004	0,592400	0,000118	0,000022	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
2	1,000000		0,000000	0,000899	0,000000	0,000000	0,000000	0,000004	1,000000	0,000000	0,044216	0,000000	0,035605	0,000000	0,000000	0,000075	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
3	0,153598	0,000000		1,000000	1,000000	0,000081	0,113678	1,000000	0,002263	0,000000	1,000000	1,000000	0,742902	0,004705	0,000000	0,089298	1,000000	1,000000	0,000004	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
4	1,000000	0,000899	1,000000		1,000000	0,000000	0,001871	1,000000	1,000000	0,000000	1,000000	0,030768	1,000000	0,000027	0,000000	0,001246	1,000000	0,030701	0,007900	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
5	0,623813	0,000000	1,000000	1,000000		0,000005	0,029489	1,000000	0,021666	0,000000	1,000000	0,598100	1,000000	0,000535	0,000000	0,021224	1,000000	0,476768	0,171196	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
6	0,000000	0,000000	0,000081	0,000000	0,000005		1,000000	0,000000	0,000000	0,064905	1,000000	0,000000	0,000000	1,000000	1,000000	0,000000	1,000000	0,000000	0,302965	1,000000	0,000001	1,000000	0,000000	0,000000	0,000000	1,000000
7	0,000007	0,000000	0,113678	0,001871	0,029489	1,000000		0,000703	0,000000	1,000000	1,000000	0,000020	1,000000	0,000000	1,000000	1,0000										

A határértékek megadása

8. táblázat A vízfolyások klorofill-a értékeinek jellemző statisztikái az egyes típusokban, típus csoportonként rendezve. A dőlt betűvel szedett értékek nem tekinthetők referenciálisnak.

	25,0	50,0	75,0	90,0	95,0	Átlag
1. Típuscsoport						
1.: H.vidéki, szilikátos, durva m.a., kicsi vízgyűjtőjű patak	1,0	1,7	2,9	4,9	7,6	2,4
2.: H.vidéki, meszes, durva mederanyagú, kicsi vízgyűjtőjű patak	0,7	1,1	1,5	3,0	3,7	1,4
3.: Hegyvidéki, meszes, durva mederanyagú, közepes vízgyűjtőjű kis folyó	1,6	3,3	6,0	10,7	14,0	4,9
4.: D.vidéki, meszes, durva mederanyagú, kicsi vízgyűjtőjű patak	1,0	1,9	4,5	11,0	21,5	5,0
5.: D.vidéki, meszes, durva mederanyagú, közepes vízgyűjtőjű kis folyó	1,8	2,9	5,4	9,4	12,2	4,5
8.: D.vidéki, meszes, közepes-finom mederanyagú, kicsi vízgyűjtőjű csermely	1,5	2,9	4,7	7,8	10,4	4,1
9.: D.vidéki, meszes, közepes-finom mederanyagú, közepes vízgyűjtőjű kis folyó	0,5	1,5	3,1	7,0	8,9	2,8
11.: S.vidéki, meszes, durva mederanyagú, kicsi vízgyűjtőjű patak	2,2	3,1	6,7	10,0	12,1	5,2
13.: S.vidéki, meszes, durva mederanyagú, nagy vízgyűjtőjű, közepes folyó	1,0	1,9	3,6	7,1	13,6	5,2
17.: S.vidéki, meszes, közepes-finom mederanyagú, közepes vízgyűjtőjű és kis esésű patak	1,3	3,8	7,1	14,3	22,4	7
1. Típuscsoport összevont adatai	1,1	2,7	5,6	10,5	15,5	5,0
2. Típuscsoport						
12.: S.vidéki, meszes, durva mederanyagú, közepes vízgyűjtőjű kis folyó	2,5	4,4	9,0	18,5	22,7	7,1
15.: S.vidéki, meszes, közepes-finom mederanyagú, kicsi vízgyűjtőjű csermely	4,1	8,8	14,1	30,9	40,0	12,9
16.: S.vidéki, meszes, közepes-finom mederanyagú, kicsi vízgyűjtőjű és kis esésű ér	3,0	5,9	11,1	19,4	23,9	8,6
18.: S.vidéki, meszes, közepes-finom mederanyagú, közepes vízgyűjtőjű kis folyó	2,4	4,9	9,2	17,4	23,6	7,8
19.: S.vidéki, meszes, közepes-finom mederanyagú, nagy vízgyűjtőjű közepes folyó	2,4	4,2	8,2	14,8	22,0	7,1
21.: S.vidéki, szerves, kicsi vízgyűjtőjű patak	4,3	11,0	28,6	65,0	95,8	26,6
22.: S.vidéki, szerves, közepes vízgyűjtőjű kis folyó	3,9	7,4	12,8	21,0	25,0	10,3
2. Típuscsoport összevont adatai	2,0	4,2	8,7	18,5	28,0	8,4
3. Típuscsoport						
6.: D.vidéki, meszes, durva mederanyagú, nagy vízgyűjtőjű közepes folyó	4,0	5,9	9,5	14,0	19,1	8,0
7.: D.vidéki, meszes, durva mederanyagú, nagyon nagy vízgyűjtőjű nagy folyó	4,0	5,0	10,6	20,7	22,9	10,6
10.: D.vidéki, meszes, közepes-finom mederanyagú, nagy vízgyűjtőjű közepes folyó	5,0	8,5	13,2	20,0	26,6	11,4
14.: S.vidéki, meszes, durva mederanyagú, nagyon nagy vízgyűjtőjű nagy folyó	3,7	5,7	8,7	13,1	16,2	7,2
20: S.vidéki, meszes, közepes-finom m.a., nagyon nagy vízgyűjtőjű nagy folyó	2,7	5,1	9,2	18,9	28,2	8,6
3. Típuscsoport összevont adatai	3,2	5,9	10,0	18,3	27,6	9,0
4. Típuscsoport						
23. Duna	10,4	20,1	41,8	69,3	92,7	30,6
24. Duna	11,1	29,0	57,0	91,0	117,0	39,9
4. Típuscsoport összevont adatai	10,8	27,0	54,0	86,5	114,2	38,1
5. Típuscsoport						
25. Duna magyarországi alsó szakasza	19,0	46,0	84,0	119,0	155,4	57,0
6. Típuscsoport						
26. Csatorna	2,8	6,2	14,6	30,0	47,8	13,4

A Duna esetén nem volt lehetőség arra, hogy hozzá hasonló referenciális jellegű vizeket találjunk. Az adatok elemzése igazolta, hogy a folyó teljes hazai szakasza rendkívül eutróf állapotú. Ez korántsem meglepő, mert a nagy, alföldi vízfolyások fitoplanktonja mennyiségi és minőségi viszonyait tekintve is hasonlít a sekély tavakéhoz (Reynolds és mtsi. 2002). Ehhez járul még az is, hogy a vízgyűjtőn található tározók a lebegőanyag kiülepítésével olymértékben javítják a folyó fényklímáját, hogy az a fitoplankton drasztikus növekedését is lehetővé teszi. Mindezek miatt egy az adatbázis értékeit, ill. a kutatási eredményeket is figyelembevevő szakértői becslés alapján adtuk meg a határértékeket.

9. táblázat A típuscsoportokba tartozó típusok és a javasolt osztályhatárok. (A számok az adott osztály alsó értékeit jelentik)

	kiváló	jó	közepes	gyenge	rossz
1. Típuscsoport 1/2/3/4/5/8/9/11/13/17	2,7	5,6	10,5	15,5	>15,5
2. Típuscsoport 12/15/16/18/19/21/22	4,2	8,7	18,5	28,0	>28,0
3. Típuscsoport 6/7/10/14/20	5,9	10,0	18,3	27,6	>27,6
4. Típuscsoport 23/24	15,0	30,0	45,0	60,0	>60,0
5. Típuscsoport 25	20	40,0	60,0	80,0	>80,0
6. Típuscsoport 26	6,2	14,6	30,0	47,8	>47,8

A Duna magyarországi felső és középszakasának megadott határértékei az adatok 33. 50. 66. és 80. percentiliseihez esnek közel. A 25. típus esetén, azaz a Duna alsó szakaszán a határértékek a 25. 45. 60. 75. percentilisekhez közeledek.

A fitoplankton alapú ökológiai értékelés során úgy kell eljárni, hogy mind a mennyiséghez, mind pedig a minőséghez rendelt metrikát figyelembe kell venni. Lehetőség van arra, hogy külön-külön értékeljük a vizet, majd a két értékelés alapján adjuk meg a minősítést. Másik lehetőség, hogy a két metrika értékét normalizáljuk (mindkettőt 0 és 1 közötti EQR értéké alakítjuk), majd a számértékek valamilyen egyesítését követően (átlag, súlyozott átlag) alakítjuk ki az összetett metrikát. Főntartva ez utóbbi lehetőségét a fitoplankton értékeket 0 és 1 közötti számokká (*NChl-a*) alakítottuk („Chlanormalizálás” excel file) az alábbi formulákat alkalmazva.

Típuscsoportok	A normalizáláshoz használt formula	R ²
1,	$y = 1,0478e^{-0,1018x}$	R ² = 0,9878
2,	$y = 1,0109e^{-0,0558x}$	R ² = 0,9902
3,	$y = 1,0728e^{-0,0584x}$	R ² = 0,9883
4,	$y = -0,0133x + 1$	R ² = 1
5,	$y = -0,01x + 1$	R ² = 1
6,	$y = 0,9954e^{-0,0328x}$	R ² = 0,9953

A fitoplankton taxonómiai összetételén alapuló minősítés

A folyóvízi fitoplankton taxonómiai összetételén alapuló minősítése a Borics és mtsai. (2007) munkán alapul. A közleményben a fitoplankton egyes funkcionális csoportjai kerültek értékelésre, mégpedig aszerint, hogy az adott típusú fitoplankton a környezeti feltételek milyen mintázata mellett alakul ki, s e mintázatok mennyire esnek közel ahhoz, amit a folyóvízi rendszer tud biztosítani (10. táblázat).

10. Táblázat Az egyes asszociációk (kodonok) és az azokhoz tartozó F értékek

Kodon	Jellemző fajok/képviselők	Habitat	Táp- anyag	Turbu- lencia	A plankton kialaku- lásához szükséges idő	Rizikó (fordított skálán)	Össz. pont	Súly faktor (F)
A	<i>Urosolenia (Rhizosolenia), Cyclotella comensis, C. glomerata</i>	Tiszta, gyakran átkevert, alacsony alkalinitású tavak	4	4	4	5	17	4

B	<i>Aulacoseira subarctica</i> , <i>A. islandica</i> , <i>Stephanodiscus neoastraea</i> , <i>S. rotula</i> , <i>Cyclotella comta</i>	Átkevert, kis-közepes méretű, mezotróf tavak	3	4	4	5	17	4
C	<i>Asterionella formosa</i> , <i>Aulacoseira ambigua</i> , <i>Stephanodiscus rotula</i> , <i>Cyclotella meneghiniana</i> , <i>C. stelligera</i>	Átkevert, kis-közepes méretű, eutróf tavak	1	5	4	5	15	4
D	<i>Synedra acus</i> , <i>Nitzschia</i> spp., <i>Stephanodiscus hantzschii</i> , <i>C. ocellata</i> <i>C. pseudostelligera</i>	Sekély, tápanyaggazdag, zavaros vizek, folyóvizek is	1	5	4	5	15	4
T_C	Bentikus, főként epiphytikus cyanobacteriumok <i>Phormidium</i> , <i>Lyngbya</i> , <i>Rivularia</i>	Alló, ill, lassú folyású vizek parti régiója, (sekély vizek esetén, kedvező fényklímájú alzat bárhol a mederben)	1	1	2	3	7	2
T_D	Bentikus, főként epiphytikus (fonalás) zöldalgák, valamennyi nem planktonikus <i>Desmidiaceae</i>	Alló, ill, lassú folyású vizek parti régiója, (sekély vizek esetén, kedvező fényklímájú alzat bárhol a mederben)	2	1	2	4	9	2
T_B	<i>Nitzschia</i> spp., <i>Navicula</i> , <i>Gomphonema</i> , <i>Didymosphaenia</i> , <i>Fragilaria</i> , <i>Achnanthes</i> , <i>Surirella</i>	Alló és folyóvizek parti régiója, (sekély vizek esetén kedvező fényklímájú alzat bárhol a mederben)	3	5	5	5	18	5
N	<i>Tabellaria</i> , <i>Cosmarium</i> , <i>Staurodesmus</i> , <i>Xanthidium</i>	Mezotróf epilimnion	3	3	3	4	13	3
P	<i>Fragilaria crotonensis</i> , <i>Aulacoseira granulata</i> , <i>Staurastrum pingue</i> , <i>S. chaetoceras</i> , <i>Pediastrum duplex</i> , <i>P. simplex</i> , <i>Coelastrum</i> spp.	Eutróf epilimnion	2	3	4	4	13	3
T	<i>Geminella</i> , <i>Mougeotia</i> , <i>Tribonema</i> , <i>Planctonema</i> , <i>Closterium aciculare</i> <i>C. acutum</i> v. <i>variable</i>	Mély, jól kevert epilimnion	2	3	3	4	12	3
S1	<i>Planktothrix agardhii</i> , <i>Limnothrix redekei</i> , <i>L. planctonica</i> , <i>Pseudanabaena limnetica</i> , <i>Planctolyngbya limnetica</i> , <i>P. contorta</i>	Zavaros, felkevert vizek	0	3	0	0	3	0
S2	<i>Spirulina</i> , <i>Arthrospira</i> , <i>Raphidiopsis</i>	Zavaros, felkevert, trópusi vizek	0	3	0	0	3	0
S_N	<i>Cylindrospermopsis</i> , <i>Anabaena minutissima</i>	Meleg, felkevert vizek	0	2	1	0	3	0
Z	<i>Synechococcus</i> , <i>Pseudodictyosphaerium</i> , <i>Choriocystis</i> prokaryota egysejtű pikoplankton	Tisztavízű epilimnion	4	3	3	3	13	3
X3	<i>Koliella</i> , <i>Chrysococcus</i> , eukarióta pikoplankton	Sekély, tiszta vízű, felkevert tavak	2	3	4	4	13	3
X2	<i>Plagioselmis</i> (<i>Rhodomonas</i>) <i>Chrysochromulima</i>	Sekély, mezotróf, felkevert tavak	3	4	4	2	15	4
X1	<i>Ankyra</i> , <i>Monoraphidium</i>	Sekély, eutróf, tápanyaggazdag, felkevert tavak	1	4	4	4	11	3
Y	Nagyobb méretű mikroflagelláták, pl. <i>Cryptomonas</i>	Változatos, de ált. apró, tápanyaggazdag tavak	1	4	4	4	13	3
Y_{pH}	<i>Phacotus</i>	Apró, Ca és tápanyaggazdag tavak, nem savas pH	1	2	3	3	9	2
E	<i>Dinobryon</i> , <i>Mallomonas</i> , <i>Synura</i>	Kis, oligotróf, bázisszegény tavak vagy tiszta, oldott szerves anyagban viszonylag gazdag tavak	3	2	3	4	12	3
F	Kolóniás Chlorococcales (<i>Botryococcus</i> , <i>Pseudosphaerocystis</i> ,	Átvilágított epilimnion	4	2	4	4	14	3

	<i>Coenochlorys, Oocystis</i> <i>Elakatothrix</i>							
G	<i>Volvox, Eudorina</i>	Sekély, tápanyaggazdag, nyugodt vizek	1	1	2	2	6	1
J	<i>Scenedesmus, Golenkinia, Tetrastrum, Crucigenia, Actinastrum, Micractinium stb.</i>	Sekély, tápanyaggazdag tavak, folyók	2	3	3	2	10	2
K	<i>Aphanothece, Aphanocapsa</i>	Sekély, tápanyaggazdag vizek	2	2	3	2	9	2
H1	<i>Anabaena flos-aquae, Aphanizomenon flos-aquae</i>	Eutróf vizek	1	2	2	1	6	1
H2	<i>Anabaena lemmermannii, Gloeotrichia echinulata</i>	Nagy, mezotróf vizek	3	1	1	1	6	1
U	<i>Uroglana</i>	Oligo- és mezotróf nyári epilimnion	4	1	0	2	7	1
Lo	<i>Peridinium, Woronichinia, Merismopedia</i>	Mezotróf nyári epilimnion	3	1	0	2	6	1
Lm	<i>Ceratium, Microcystis</i>	Eutróf nyári epilimnion	1	1	0	1	4	1
M	<i>Microcystis, Sphaerocavum</i>	Kis, eutróf, gyakran keveredő tavak	0	2	1	0	4	0
R	<i>Planktothrix rubescens, P. mougeotii</i>	Mezotróf, rétegzett tavak metalimnionja	3	2	2	0	7	1
V	<i>Chromatium, Chlorobium</i>	Eutróf, rétegzett metalimnion	0	1	2	0	3	0
W0	<i>Chlamydomonas, Spermatozopsis, Pyrobotrys, Chlorella, Polytoma, Oscillatoria chlorina, Beggiatoa alba,</i>	Kis, szervesanyagban reendkívül gazdag tavak (utótisztító tavak)	0	2	1	0	3	0
W1	<i>Euglena, Phacus, Lepocinclis, Gonium pectorale, G. sociale (Pandorina morum)</i>	Kis, szervesanyag gazdag tavak	1	2	2	1	6	1
W2	<i>Trachelomonas, Strombomonas, Dysmorphococcus spp.</i> kisméretű dinoflagelláták <i>Peridinium, Glenodinium, Gymnodinium</i> egyéb metafiton	Sekély, mezotróf tavak	2	4	3	4	13	3
Ws	<i>Synura</i>	Sekély, mezotróf tavak, neutrális pH	3	3	3	4	13	3
Q	<i>Gonyostomum</i>	Kis, huminanyaggal terhelt tavak	2	2	1	1	6	1

Az egyes asszociációk értékelésén a korábbiakhoz képest (Borics és mtsi. 2007) nem változtattunk, de határértékeket alakítottunk ki valamennyi folyóvíz típusra (11. táblázat). A határértékek megadásakor a hidromorfológiai sajátságok és különösen a becsült tartózkodási idő voltak a meghatározó szempontok. Ezek alapján három csoportot alakítottunk ki. A konkrét indexek megadása során számoltuk, hogy adott gyakoriságok esetén az index milyen értékeket vesz föl.

Javaslat a határértékekre

11. táblázat Javasolt határértékek az egyes vízfolyás típusokra

	Típuscsoport	Q-index				
		kiváló	jó	közepes	gyenge	rossz
1. Típus: Hegyvidéki, szilikátos hidrogeokémiai jellegű, durva mederanyagú, kicsi vízgyűjtőjű patak	1	0,95	0,8	0,7	0,6	<0,6
2. Típus: Hegyvidéki, meszes, hidrogeokémiai jellegű, durva mederanyagú, kicsi vízgyűjtőjű patak	1	0,95	0,8	0,7	0,6	<0,6
3. Típus: Hegyvidéki, meszes hidrogeokémiai jellegű, durva mederanyagú, közepes vízgyűjtőjű kis folyó	1	0,95	0,8	0,7	0,6	<0,6
4. Típus: Dombvidéki, meszes hidrogeokémiai jellegű, durva mederanyagú, kicsi vízgyűjtőjű patak	1	0,95	0,8	0,7	0,6	<0,6
5. Típus: Dombvidéki, meszes hidrogeokémiai jellegű, durva mederanyagú, közepes vízgyűjtőjű kis folyó	1	0,95	0,8	0,7	0,6	<0,6
8. Típus: Dombvidéki, meszes hidrogeokémiai jellegű, közepes-finom mederanyagú, kicsi vízgyűjtőjű csermely	1	0,95	0,8	0,7	0,6	<0,6
9. Típus: Dombvidéki, meszes hidrogeokémiai jellegű, közepes-finom mederanyagú, közepes vízgyűjtőjű kis folyó	1	0,95	0,8	0,7	0,6	<0,6

11. Típus: Síkvidéki, meszes hidrogeokémiai jellegű, durva mederanyagú, kicsi vízgyűjtőjű patak	1	0,95	0,8	0,7	0,6	<0,6
12. Típus: Síkvidéki, meszes hidrogeokémiai jellegű, durva mederanyagú, közepes vízgyűjtőjű kis folyó	1	0,95	0,8	0,7	0,6	<0,6
13. Típus: Síkvidéki, meszes hidrogeokémiai jellegű, durva mederanyagú, nagy vízgyűjtőjű, közepes folyó	1	0,95	0,8	0,7	0,6	<0,6
15. Típus: Síkvidéki, meszes hidrogeokémiai jellegű, közepes-finom mederanyagú, kicsi vízgyűjtőjű csermely	1	0,95	0,8	0,7	0,6	<0,6
16. Típus: Síkvidéki, meszes hidrogeokémiai jellegű, közepes-finom mederanyagú, kicsi vízgyűjtőjű és kis esésű ér	1	0,95	0,8	0,7	0,6	<0,6
17. Típus: Síkvidéki, meszes hidrogeokémiai jellegű, közepes-finom mederanyagú, közepes vízgyűjtőjű és kis esésű patak	1	0,95	0,8	0,7	0,6	<0,6
21. Típus: Síkvidéki, szerves hidrogeokémiai jellegű, kicsi vízgyűjtőjű patak	1	0,95	0,8	0,7	0,6	<0,6
6. Típus: Dombvidéki, meszes hidrogeokémiai jellegű, durva mederanyagú, nagy vízgyűjtőjű közepes folyó	2	0,9	0,75	0,65	0,55	<0,55
7. Típus: Dombvidéki, meszes hidrogeokémiai jellegű, durva mederanyagú, nagyon nagy vízgyűjtőjű nagy folyó	2	0,9	0,75	0,65	0,55	<0,55
10. Típus: Dombvidéki, meszes hidrogeokémiai jellegű, közepes-finom mederanyagú, nagy vízgyűjtőjű közepes folyó	2	0,9	0,75	0,65	0,55	<0,55
14. Típus: Síkvidéki, meszes hidrogeokémiai jellegű, durva mederanyagú, nagyon nagy vízgyűjtőjű nagy folyó	2	0,9	0,75	0,65	0,55	<0,55
18. Típus: Síkvidéki, meszes hidrogeokémiai jellegű, közepes-finom mederanyagú, közepes vízgyűjtőjű kis folyó	2	0,9	0,75	0,65	0,55	<0,55
19. Típus: Síkvidéki, meszes hidrogeokémiai jellegű, közepes-finom mederanyagú, nagy vízgyűjtőjű közepes folyó	2	0,9	0,75	0,65	0,55	<0,55
20. Típus: Síkvidéki, meszes hidrogeokémiai jellegű, közepes-finom mederanyagú, nagyon nagy vízgyűjtőjű nagy folyó	2	0,9	0,75	0,65	0,55	<0,55
22. Típus: Síkvidéki, szerves hidrogeokémiai jellegű, közepes vízgyűjtőjű kis folyó	2	0,9	0,75	0,65	0,55	<0,55
23. Duna, magyarországi felső szakasz	3	0,8	0,7	0,6	0,5	<0,5
24. Duna, magyarországi középső szakasz	3	0,8	0,7	0,6	0,5	<0,5
25. Duna, magyarországi alsó szakasz	3	0,8	0,7	0,6	0,5	<0,5
26. Csatorna	3	0,8	0,7	0,6	0,5	<0,5

A határértékek abszolút értéküket tekintve nagyon magasaknak adódtak, ezért azokat normalizáltuk, úgy, hogy az osztályhatárok egyenletesen helyezkedjenek el 0 és 1 között. A normalizáláskor polinomot illesztettünk a pontokra, és annak egyenletét használva számoltuk ki a normalizált értékeket (NQ_r) („FolyQhatár” excelfile).

A normalizálást az alábbi formulák alapján végeztük:

Típuscsoportok	A normalizáláshoz használt formula	R^2
1,	$y = 1,3377 * x^2 - 0,4252 * x + 0,0451$	0,9758
2,	$y = 1,205 * x^2 - 0,1805 * x - 0,0063$	0,9883
3,	$y = 0,7334 * x^2 + 0,3253 * x - 0,0137$	0,9811

Javaslat a metrikák egyesítésére

A metrikák egyesítésének szükségességéről, annak lehetséges módzatairól, azok előnyeiről, hátrányairól a tavi index kapcsán korábban már szóltunk. A metrikák alapján történő minősítés során azt vizsgáltuk, hogy van-e szignifikáns összefüggés a két metrika és a terheléssel kapcsolatos kémiai paraméterek között. Több esetben szignifikáns összefüggést találtunk („FolyQhatár” excelfile). Ezek esetén megadtuk az R^2 értékét. Magasabb R^2 értékek a klorofill-a metrikákat jellemezték, ugyanakkor a Q metrika is több esetben szignifikáns összefüggést mutatott. Éppen ezért a két metrikát különböző módon kombináltuk, majd újból vizsgáltuk azok kapcsolatát a vízkémiai paraméterekkel. A legszorosabb összefüggést az alábbi kombináció mutatta:

$$HRPI = \frac{2NChla + NQr}{3}$$

Ahol *HRPI* : magyar folyóvízi fitoplankton index
NChla: normalizált klorofill-a metrika
NQr: normalizált folyóvízi fitoplankton metrika

Az így előállított index már elemszintű értékelést jelent, amivel a folyók aktuális állapota értékelhető.

Éves értékelés

A folyók ökológiai állapotát azonban egy adott időszakra, gyakorlatilag az adott évre is meg kell adni. Az állóvizeknél alkalmazott gyakorlatnak megfelelően itt is úgy jártunk el, hogy az adott év vegetáció periódusbeli mintáit külön minősítettük, majd azok értékeinek átlagát képeztük.

$$\text{AnnHRPI} = \text{Átlag HRPI}$$

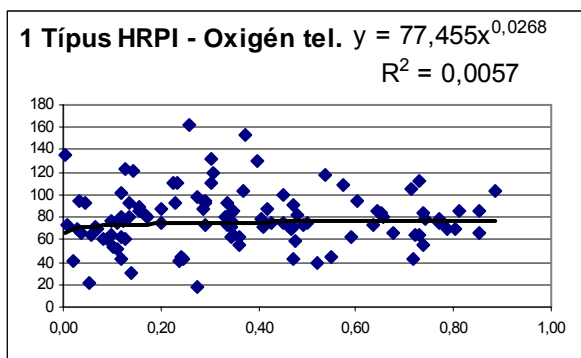
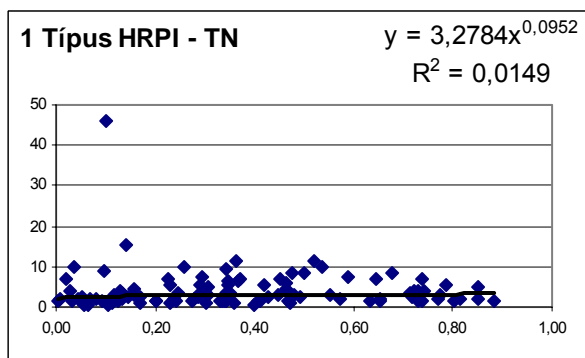
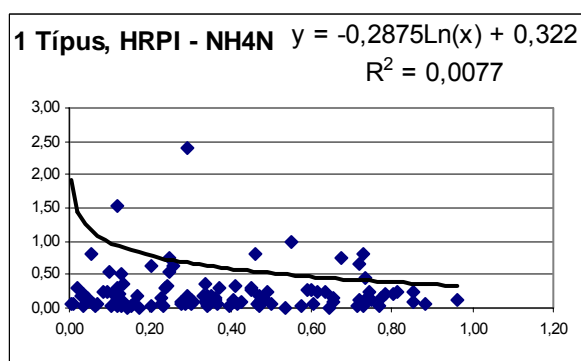
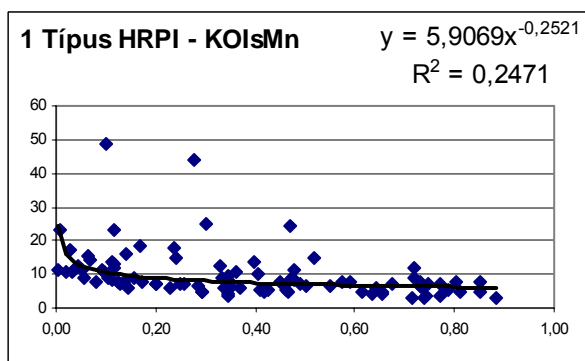
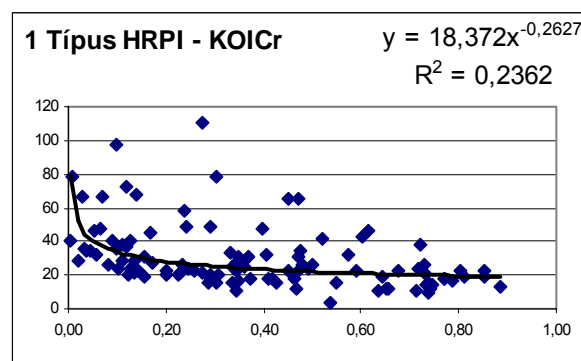
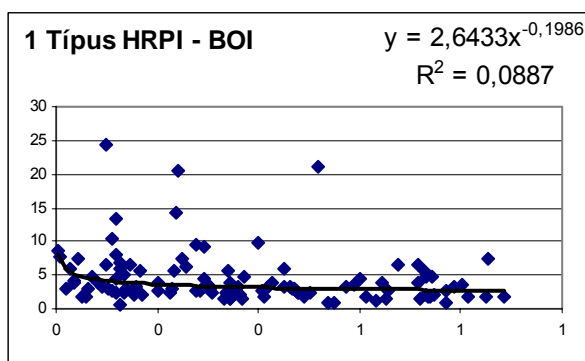
Ahol Ann.HRPI: a folyóvízi index éves értéke
Átlag HRPI: folyóvízi index éves átlag értéke

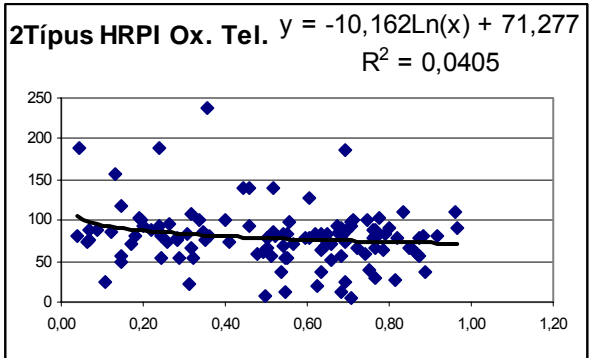
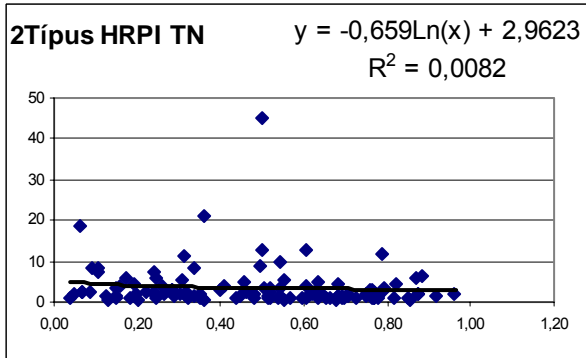
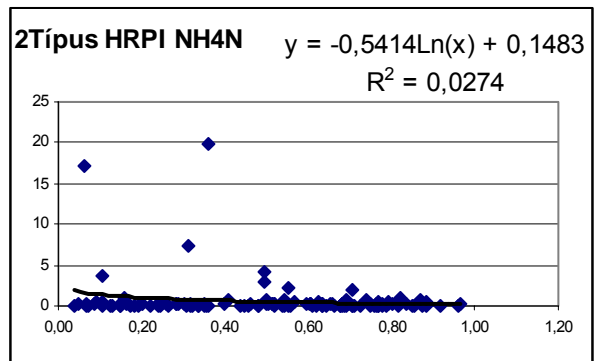
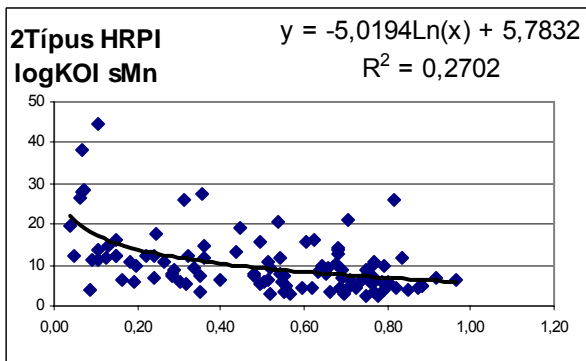
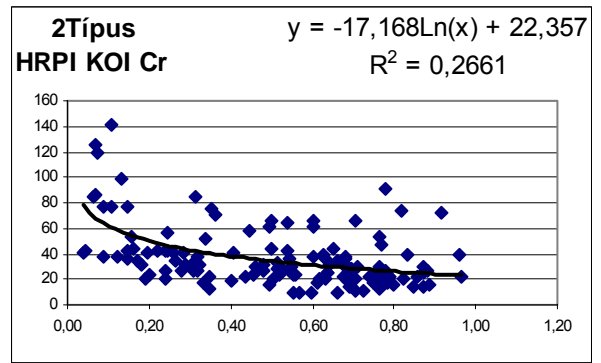
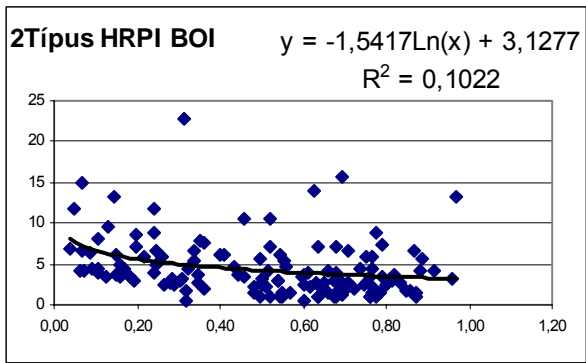
Mivel az aktuális értékek már normalizált formában voltak további transzformációra már nem volt szükség, így a határértékek valamennyi típusra az alábbiak szerint adhatók meg

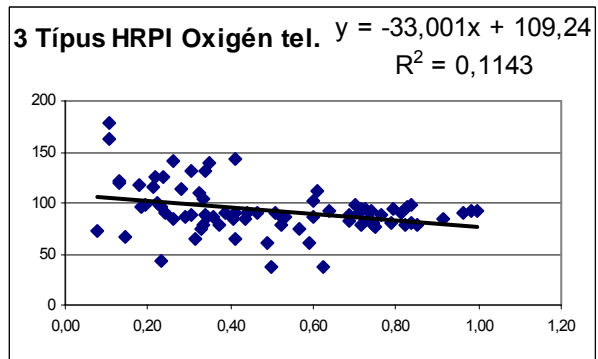
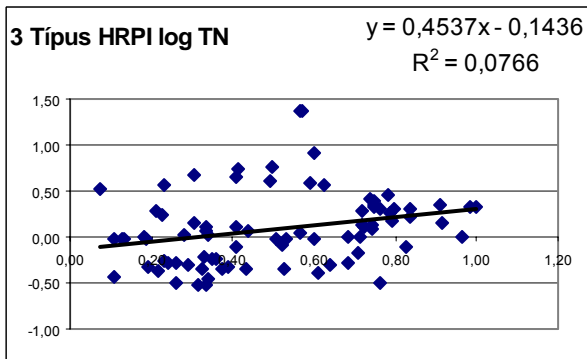
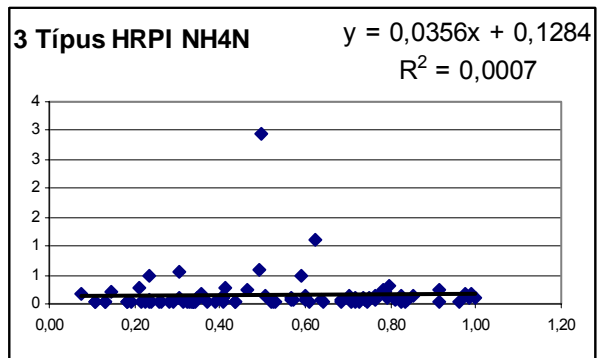
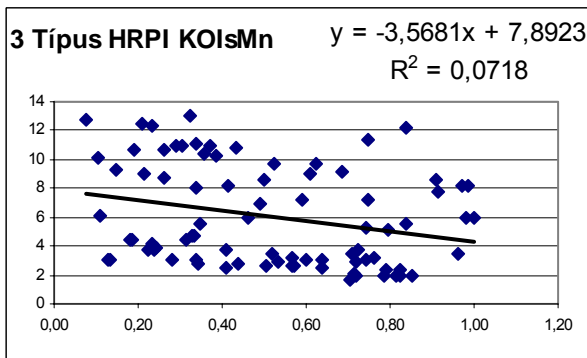
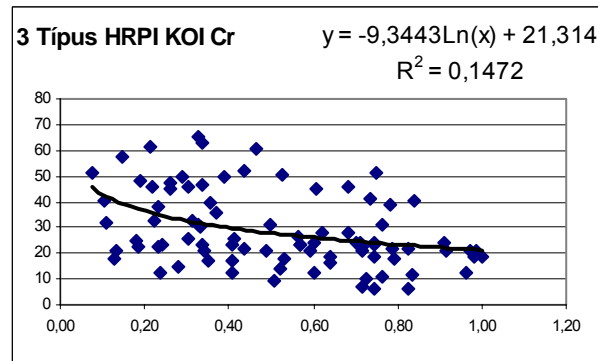
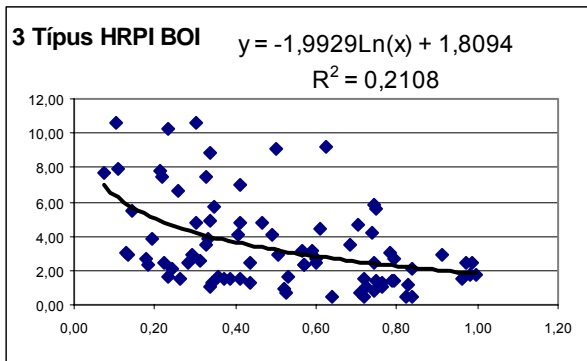
Ökológiai állapot	Osztályhatár
Kiváló	$\geq 0,8$
Jó	$\geq 0,6$
Közepes	$\geq 0,4$
Gyenge	$\geq 0,2$
Rossz	$< 0,2$

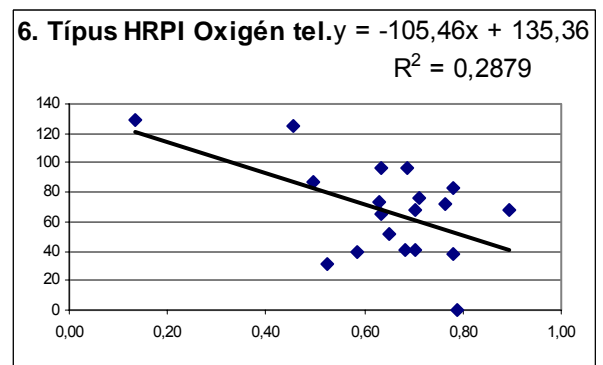
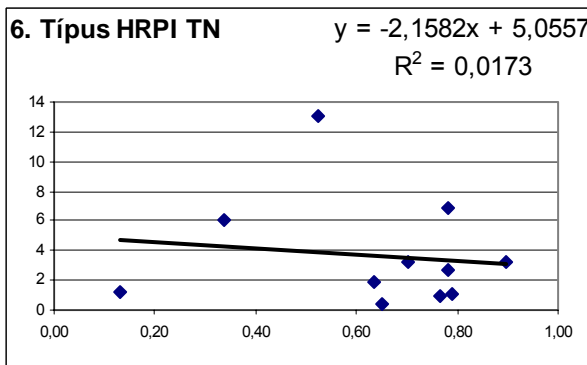
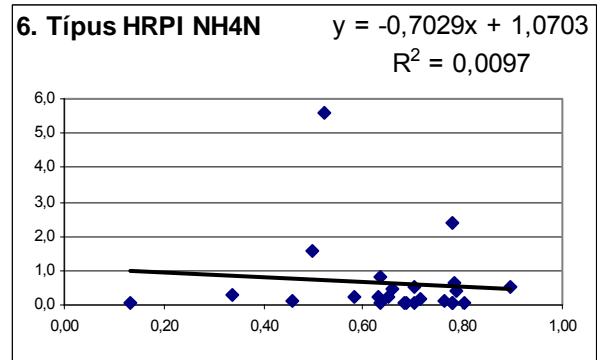
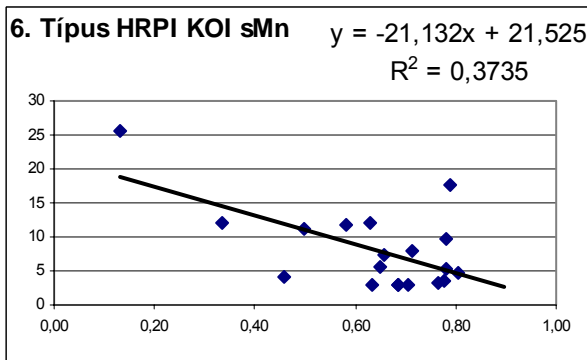
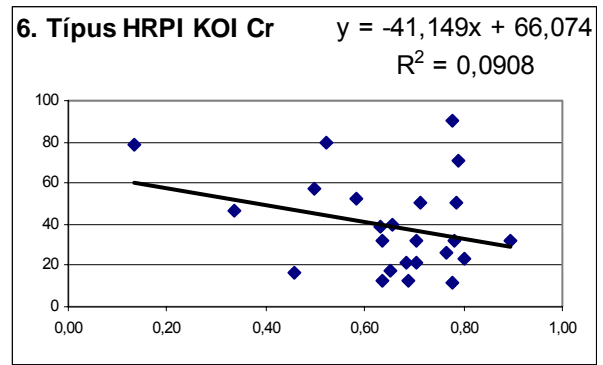
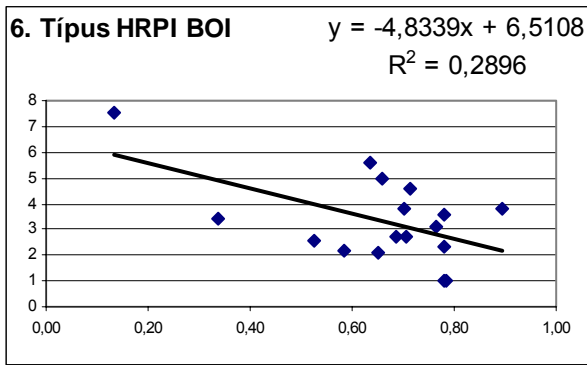
A folyóvízi fitoplankton index stresszorfüggése

A folyóvízi fitoplankton mennyiségi és minőségi viszonyait a szerves és szervesen terhelések mellett nagymértékben befolyásolják a hidromorfológiai sajátosságok és hidrometeorológiai helyzet is. Ez utóbbiak hatása gyakran olyan mértékű, hogy teljesen fölülrja a kémiai természetű terhelések hatását. A vízfolyás adott pontján a tartózkodási időbe akár nagyságrendnyi különbség is lehet, függően attól, hogy kisvízes időszakban vagy áradás idején történik a gyűjtés. Ezek hatása tavak esetén jóval kisebb. Ennek ellenére bizonyos összefüggés a kémiai természetű terhelésekkel elvart. Vizsgáltuk a folyóvízi fitoplankton index (HRPI) valamint a szerves és szervesen szennyezések jellemző paramétereinek viszonyát („stresszorfüggés” könyvtár). A vízfolyások valamennyi típusára nézve nem állt kellő számú adat rendelkezésre, ezért az adatokat csoportosítottuk, mégpedig annak megfelelően, ahogyan azt a folyóvizek klorofill-a határértékeinek megadásakor tettük (8. táblázat). Az alábbiakban az 1, 2, 3, 6, típuscsoportok HRPI/stresszor összefüggéseit mutatjuk be.









Az ábrák tanúsága szerint a növényi tápanyagtartalom nem játszik szerepet az index értékének alakulásában. Hasonlóan a tavakhoz itt is a szerves terhelés mutatóival volt megfigyelhető szorosabb összefüggés. (Az ammóniumion vélhetően itt is inkább szerves terhelés indikátoraként semmint növényi tápanyagként kezelendő akkor, amikor az összefüggések okait keressük.) Az is szembetűnő, hogy az egyes vízfolyás csoportok esetén az összefüggések eltérőek. A felsőszakaszúaktól a közép és alsószakaszú vizek irányába (1,2,3 típuscsoportok), pl. a BOI –el való összefüggés egyre határozottabb. Ugyan ez elmondható az oxigéntelített viszonylatában is. A KOI értékekkel való összefüggés eltérő irányú de mindvégig fennáll. A 6 típuscsoport esetén is megfigyelhetők jellegzetes összefüggések de ezek némelyike egyetlen szélsőségesen nagy értéknek köszönhető. A folyóvizek ezen csoportjában kizárólag a csatornák találhatók ezek besorolása pedig nem egy egységes logika szerint történt. A kapott összefüggések e típuscsoport esetén vélhetően más képet fognak mutatni a vízfolyások megfelelő típusba történő besorolását követően.

Irodalom

- Borics, G., Várbiro, G., Grigorszky, I., Krasznai, E., Szabó, S., and Kiss, K.T. (2007): A new evaluation technique of potamo-plankton for the assessment of the ecological status of rivers. *Large Rivers* Vol. 17, No. 3-4 *Arch. Hydrobiol. Suppl.* 161/3-4, p465-486, September 2007.
- Padisák J, Grigorszky I, Borics G, Soróczy-Pintér É: Use of phytoplankton assemblages for monitoring ecological status of lakes within the Water Framework Directive: the assemblage index., *Hydrobiologia* 553: 1-14
- Reynolds, C. S., Huszar, V., Kruk, C., Naselli-Flores, L. & S. Melo, 2002. Towards a functional classification of the freshwater phytoplankton. *Journal of Plankton Research* 24: 417-428.