



**Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem**  
**Építőmérnöki Kar**  
**Vízi Közmű és Környezetmérnöki Tanszék**

## **A Víz Keretirányelv ökológiai minősítési rendszerének továbbfejlesztése**

**Készítette:**

Szomolányi Orsolya Réka  
F8VC4R

**Témavezető:**

Dr. Clement Adrienne  
egyetemi docens

Budapest, 2019

# Tartalomjegyzék

<b>1. Bevezetés .....</b>	<b>6</b>
<b>2. Az elemzés háttere, szükségessége .....</b>	<b>7</b>
2.1. Szabályozási háttér .....	7
2.2. Felszíni vizek minősítése.....	8
2.3. Ökológiai háttér .....	12
<b>3. Szakirodalmi kitekintés .....</b>	<b>13</b>
<b>4. Anyag és módszer.....</b>	<b>16</b>
4.1. Adatok feldolgozása.....	16
4.2. A biológia változékonysága .....	19
4.3. Alkalmazott statisztikai módszerek .....	23
4.3.1. Az elemzéshez segítséget nyújtó program .....	23
4.3.2. Regressziós módszerek.....	24
4.3.3. Mis-match módszer .....	26
<b>5. Eredmények diszkussziója .....</b>	<b>27</b>
<b>6. Következtetések és javaslatok.....</b>	<b>34</b>
<b>7. Irodalomjegyzék.....</b>	<b>40</b>
<b>8. Mellékletek.....</b>	<b>43</b>

## Ábrajegyzék

1. ábra: A felszíni vizek minősítési rendszerének sémája.....	10
2. ábra: Mintavételi pontok térképen történő ábrázolása .....	18
3. ábra: Az EQR adatok szórásának hisztogramja .....	21
4. ábra: Az összes nitrogén adatok szórásának hisztogramja .....	22
5. ábra: Az összes foszfor adatok szórásának hisztogramja .....	23
6. ábra: Az alkalmazott regressziós módszerek közti különbség.....	25
7. ábra: Regressziós módszerrel való elemzés eredménye .....	25
8. ábra: Mis-match módszerrel való elemzés eredménye .....	26
9. ábra: $R^2$ értékek összehasonlítása a 2007-2012 időszakra vonatkozóan .....	28
10. ábra: $R^2$ értékek összehasonlítása a 2013-2017 időszakra vonatkozóan .....	29
11. ábra: A biológia-tápanyag kapcsolat erőssége a különböző élőlénycsoportok esetén.....	31
12. ábra: Víztestre vonatkozó átlagértékek alapján történő elemzés .....	33
13. ábra: Az új adatbázis 2007-2012 közötti időszakra vonatkozó adataival történő elemzés .....	33
14. ábra: Új adatbázis 2007-2012 közötti időszakra vonatkozó adataival történő elemzés, kizárólag a természetes víztestek elemzése.....	34
15. ábra: Új adatbázis 2007-2012 közötti időszakra vonatkozó adataival történő elemzés, kizárólag az erősen módosított víztestek elemzése .....	34
16. ábra: Az előírt kritériumnak való megfelelés.....	35

## Táblázatjegyzék

1. táblázat: Folyóvíz típusok .....	11
2. táblázat: Állóvíz típusok .....	11
3. táblázat: Az elemzésbe bevonható víztestek száma.....	19
4. táblázat: A biológiai adatok változékonysága.....	20
5. táblázat: Az összes nitrogén adatok változékonysága .....	21
6. táblázat: Az összes foszfor adatok változékonysága .....	22

7. táblázat: Új eredmények összehasonlítása a korábbi elemzési eredményekkel...	37
8. táblázat: Az új elemzés eredményeként javasolható határértékek* .....	38

## Kivonat

A dolgozat célja a felszíni vizek ökológiai állapotértékelése során alkalmazott, tápanyagokra vonatkozó vízminősítési osztályhatárok felülvizsgálata és az ugyanebben a témában 2018-ban végzett kutatás továbbfejlesztése új adatbázis alapján.

A korábbi elemzést a Vízyűjtő-gazdálkodási Terv (VGT) 6.1 mellékletében található, víztestekre vonatkozó átlagértékekkel végeztem, azonban az átlagértékekkel végzett elemzés a tápanyagterhelés lokális hatását elfedte, továbbá számos esetben nem állt rendelkezésre kellő számú adat az elemzés elvégzéséhez.

A korábbi elemzések pontosítása érdekében új, mintavételi hely szintű adatbázist hoztam létre. Az elemzéshez szükséges kémiai mintavételi adatok forrása az OKIR (Országos Környezetvédelmi Információs Rendszer), míg a biológiai adatok az Országos Vízügyi Főigazgatóság Vízminőség-online Rendszeréből (OVF) származnak.

Az elemzésben a „Best Practice Guide for establishing nutrient concentrations to support good ecological status” című dokumentum (*Phillips et al., 2018a*) és a hozzá tartozó „Toolkit” nyújtott segítséget, melyek célja az EU tagállamainak segítése a felszíni vizek jó ökológiai állapotát támogató foszfor és nitrogén koncentrációk meghatározásában. A „Toolkit” része egy webprogram, mely egy R programnyelven írt, a programozói környezethez nem szokott felhasználók számára készült interaktív, statisztikai vizsgálatokra elvégzésére alkalmas grafikus felület. Az elemzések a webprogram segítségével, regressziós és kategorikus modellek futtatásával készültek. Külön vizsgálatra kerültek a különböző hidromorfológiájú (természetes állapotú/erősen módosított/mesterséges) víztestek, valamint a korábbi elemzéshez hasonlóan a fenti víztest kategóriák együttesen is elemzésre kerültek.

Az új adatbázissal történő elemzés állóvizek esetében növelte a mintaszámot, azonban folyóvizeknél ugyanez nem mondható el. Az EQR és a tápanyagok közötti kapcsolat nem javult számottevően a mintavételi hely szintű adatok használatával, az  $r^2$  értéke továbbra is alacsony maradt, különösen fitobentosz vizsgálata esetén. A kategóriákra bontással azonban számos esetben erősíteni lehetett a biológia és a kémia kapcsolatát, de az  $r^2$  értéke így is kevés esetben érte el az útmutatóban (*Phillips et al., 2018a*) előírt 0,36-os értéket.

Az eredmények azt mutatták, hogy a 2007-2012 közötti időszakra vonatkozóan enyhébb határértékek javasolhatók, mint a későbbi időszak adatai alapján, továbbá több

esetben a korábbi időszakra vonatkozó határértékek közelebb álltak a VGT osztályhatáraihoz. Ez tehát megerősíti a VGT-ben alkalmazott határértékek helyességét, azonban kérdéseket vet fel azzal kapcsolatban, hogy a jövőben kell-e változtatni a határértékeken, illetve, hogy az alkalmazott módszerek megbízhatók-e.

Az elemzés alapján 38 esetben tudtam javaslatot tenni határértékre. A javasolt határértékek számos esetben megerősítik a 2018-ban készült kutatás alapján javasolt és a VGT-ben alkalmazott határértékeket, azonban szigorúbb és enyhébb határértékre is született javaslat.

# 1. Bevezetés

A 2018. évben TDK dolgozat keretében statisztikai módszerekkel vizsgáltam a felszíni vizek ökológiai állapotértékelése során alkalmazott, tápanyagokra vonatkozó vízminősítési osztályhatárok megfelelőségét, összehangját a biológiai osztályhatárokkal. Az elemzést a 2015-ös Vízyűjtő-gazdálkodási Tervben (VGT) rendelkezésre álló, a víztestekre vonatkozó háttér adatok alapján, átlagértékekkel végeztem el. Az elemzés során azzal szembesültem, hogy a rendelkezésre álló adatbázis nem nyújt elegendő információt a tápanyagterhelés-biológiai válasz kapcsolat feltárására. Problémát okozott, hogy a víztest szintű, időbeli és térbeli átlagolás a hatásokat elfedi, a terhelések hatása esetenként lokálisan és nem víztest szinten jelentkezik. Az elemzést adathiány is nehezítette, számos víztest – főként állóvizek - esetében kevés adat állt rendelkezésre az említett adatbázisban. Az adatokban rejlő bizonytalanság ellenére a folyóvíz típusok többségére a keresett osztályhatárok meghatározhatók voltak, azonban az eredmények megbízhatóságának javítása további pontosításokat igényel.

A dolgozat célja a fentiek érdekében a korábban végzett elemzések pontosítása azáltal, hogy a statisztikai elemzést víztestre vonatkozó átlagértékek helyett mintavételi hely szintű adatokkal végzem el, továbbá az elemzés során a hidromorfológiára vonatkozó adatokat (természetes állapotú/mesterséges/erősen módosított) is figyelembe veszem. A részletesebb elemzés által várhatóan az osztályba sorolás is megbízhatóbbá válik.

A dolgozat első részében bemutatom a vizek minősítésének politikai-gazdasági hátterét, majd a Víz Keretirányelv szerinti minősítési rendszert részletezem.

A dolgozat második felében ismertetem az elemzéshez felhasznált új adatbázis összeállításának lépéseit és bemutatom az adatok statisztikai elemzésének módszertanát. Az új és a régi adatbázissal kapott eredményeket összehasonlítom és értékelem, majd a levont következtetések alapján javaslatokat teszek az ökológiai állapotértékelés során alkalmazott biológiai és fizikai-kémiai határértékek összehangolásának módjára.

## 2. Az elemzés háttere, szükségessége

### 2.1. Szabályozási háttér

2000. december 22-én lépett hatályba az Európai Parlament és a Tanács 2000/60/EK irányelve (2000. október 23.) a vízpolitika terén a közösségi fellépés kereteinek meghatározásáról, más néven az EU Víz Keretirányelv (VKI). A VKI hatálya minden olyan tevékenységre kiterjed, amely befolyásolhatja a vizek mennyiségi- és minőségi állapotát, vagy annak megőrzését. Általános céljai közé tartozik a vízi ökoszisztémák és a hozzájuk kapcsolódó szárazföldi ökoszisztémák, valamint a vizes területek állapotának javítása, a veszélyes anyagok kibocsátásának és használatának korlátozása, a fenntartható vízhasználat elősegítése, a felszín alatti vizek szennyezésének csökkentése és a további szennyeződés megakadályozása, továbbá az árvizek és aszályok hatásainak mérséklése. A Keretirányelv fő célja a fenntartható vízhasználatok megvalósítása, a vizek jó állapotának elérése a hatálybalépéstől számított 15 éven belül, de legkésőbb 2027-ig (*Európai Parlament és a Tanács, 2000*). A jó állapotot a VKI 4. cikke határozza meg. A felszíni vizek esetében ez a jó ökológiai és kémiai állapotot, míg felszín alatti vizek esetében a jó mennyiségi- és kémiai állapotot jelenti.

A VKI a korábbi gyakorlattal szemben nem csak egy általános állapotértékelés elvégzését írja elő a tagállamoknak, hanem az állapotjavító intézkedések megtervezését és végrehajtását is megköveteli (*Somlyódy, szerk., 2011*).

Jelenleg európai szinten a víztestek több mint fele mérsékelt, vagy annál rosszabb állapotban van, melynek elsődleges oka a diffúz- és pontforrásokból származó tápanyag többlet (*Poikane et al., 2019a*). A 2009 és 2015 közötti időszakban a törekvések ellenére alig javult a felszíni vizek állapota (*EEA, 2018*), ebből kifolyólag sürgető szükség van megbízható tápanyagkritériumok meghatározására, amelyek összhangban állnak a biológiai állapottal.

A VKI V. mellékletének 1.2 pontja kimondja, hogy a tápanyag koncentráció nem haladhatja meg azt az előre meghatározott értéket, amin felül a vízi ökoszisztéma számára nem biztosítottak a megfelelő életkörülmények és a víztest nem felel meg a jó ökológiai állapot kritériumainak. A VKI nem határozza meg a minősítési osztályhatárokhoz tartozó tápanyag koncentrációkat, azok meghatározása a tagállamok feladata. Míg a biológiai állapotértékeléshez tartozó kritériumok kialakítására nagy



figyelmet fordítottak, addig a tápanyag kritériumok meghatározása háttérbe szorult (Poikane et al., 2019a).

A VKI megköveteli egy hosszútávú, vízminőség és emberi tevékenység közötti kapcsolat feltárására épülő, a gazdasági szempontokat is figyelembe vevő, hosszútávú intézkedési terv kidolgozását, melynek keretében a tagállamok rendszeres beszámolásra kötelezettek a vízgazdálkodás és a vízminőségvédelem területén megvalósult és megvalósítandó intézkedésekről. Az intézkedési terveket és a beszámolókat a Vízyűjtő-gazdálkodási Terv (VGT) tartalmazza. A dokumentum a kitűzött célok eléréséhez szükséges intézkedéseket foglalja össze, továbbá tartalmazza a víztestekről rendelkezésre álló információkat és a monitoring eredményeket. Magyarország a Duna vízgyűjtő területén fekszik, ezért Magyarország Vízyűjtő-gazdálkodási Terve a Duna medencéjére, ezen belül a Duna, a Tisza, a Dráva és a Balaton részvízgyűjtőjére vonatkozik (OVF, 2016).

Vízgyűjtő-gazdálkodási tervet 6 évente kell készíteni, Magyarországon az első 2009-ben készült. A második VGT elkészítése 2015-ben volt esedékes, vizsgált időszaka a 2007 és 2012 közötti időszak. A következő VGT-t 2021-re kell elkészíteni, melynek tárgya a 2013-2017 közötti időszak. A dolgozat a fent említett időszakok mintavételi adatainak elemzésével foglalkozik.

## **2.2. Felszíni vizek minősítése**

A VKI értelmében a jónál rosszabb állapotú víztestek esetében állapotjavító intézkedések eszközölése szükséges a jó állapot elérése érdekében. Annak érdekében, hogy meghatározható legyen a víztestek állapota, a VKI V. melléklete, valamint az ECOSTAT útmutató és a REFCOND útmutató alapján a víztesteket ötosztályos skálán (kiváló-, jó-, mérsékelt-, gyenge-, rossz állapot) sorolják be. A VKI előtt a vízminősítés az általános fizikai-kémiai komponensekre vonatkozott, a VKI szerint azonban a minősítés során azt is vizsgálni kell, hogy a fizikai-kémiai állapot alátámasztja-e a biológiai alapú besorolást (Somlyódy, szerk., 2011). A kémiai és a biológiai minősítés közötti különbség abban rejlik, hogy míg a kémiai vizsgálatok a változások gyors nyomon követésére alkalmasak, addig a biológiai vizsgálatokkal hosszútávú hatások mutathatók ki (Borics, 2015).

A víztestek állapotát az ökológiai és a kémiai állapot együttesen határozza meg. Az ökológiai állapot az alábbi minősítési elemektől függ:

- biológiai elemek: fitobentosz, fitoplankton, makrofiton, mekrozoobentosz, halak;
- fizikai-kémiai elemek: szervesanyag tartalom, tápanyagok, sótartalom, pH;
- hidromorfológiai elemek: hossz- és keresztirányú átjárhatóság, medersziszonyok, parti sáv állapota, kapcsolat a felszín alatti vizekkel, vízjárás, morfológia;
- vízgyűjtőspecifikus szennyezőanyagok: a Duna vízgyűjtő esetében ez az arzén, a réz, a cink és a króm.

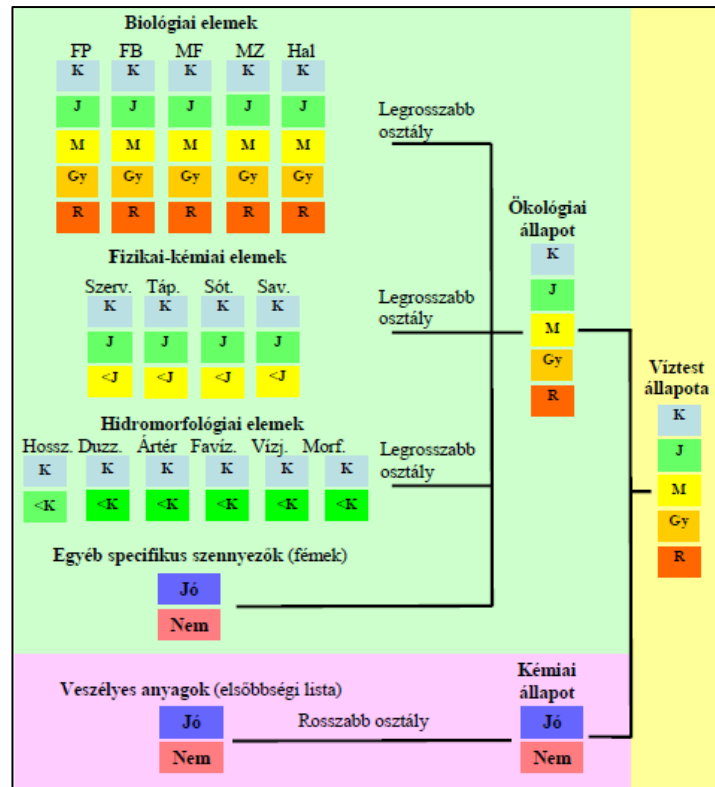
A biológiai osztályokba sorolás az összehasonlíthatóság érdekében ökológiai minősítési arány, EQR (EQR=Ecological Quality Ratio) segítségével történik, mely az alábbi képlet szerint számítható:

$$EQR = \frac{\text{megfigyelt biológiai érték}}{\text{referencia biológiai érték}}$$

Mivel az EQR egy arányszám, értéke nullához közelítve rosszabb állapotot, míg 1-hez közelítve jobb biológiai állapotot jelez (*van de Bund & Solimni, 2007*). Az 5 biológiai osztály 0 és 1 között 0,2-es osztályközökkel került kialakításra (*Borics, 2015*).

Az állapotértékelés mindig egy referencia víztesttel való összehasonlítást jelent. Referenciának tekinthető az a kiváló állapotú víztest, mely zavartalan, antropogén hatásoktól mentes, természetes állapotú, terhelésmentes vagy csekély zavarású (*Clement et al., 2015., European Commission, Working Group 2.3, 2003*). A referencia jellemzőket a nemzetközi interkalibrációs folyamat során határozták meg annak érdekében, hogy a hasonló víztípusokra nemzetközi szinten elfogadott határértékeket alkalmazzanak a tagállamok.

A minősítés eredményét a minősítési elemek közül az egy rossz-mind rossz elv alapján a legrosszabb minősítés adja (*OVF, 2016*). A minősítési rendszert sematikusan az *1. ábra* mutatja be.



1. ábra: A felszíni vizek minősítési rendszerének sémája

A minősítést az osztályba sorolás követi, melyhez az osztályhatárok megállapítása szükséges. A határértékek többek között az alábbi szempontok figyelembevételével kerültek kialakításra:

- vízminőségi- és faj-abundancia adatok statisztikai elemzése,
- érzékenységvizsgálat a növényi tápanyag koncentrációkra vonatkozóan,
- A kiváló-jó osztályhatár megegyezik a referencia víztest ökológiai állapotához tartozó EQR érték alsó kvartilisével,
- A jó-mérsékelt osztályhatár meghúzósa hatáselemzéssel,
- A mérsékelt-gyenge és a gyenge-rossz osztályhatárok azonos osztályközökkel kerültek kialakításra (OVF, 2016).

A vizek élővilágának összetétele és a vízben lejátszódó biológiai folyamatok a vizek fizikai (pl. hidrológia, medermorfológia) és kémiai (pl. ionösszetétel, tápanyagtartalom) tulajdonságaitól függenek. A hasonló tulajdonsággal rendelkező víztestekben hasonló folyamatok zajlanak le és a biológiai fajösszetételük is hasonló (Borics, 2015), ez alapján a víztestek típusokba sorolhatók. A VKI hazai jogszabályba illesztését követően meghatározták a hazai felszíni víztípusokat, melyek az 1. és a 2. táblázatban kerülnek bemutatásra.

## 1. táblázat: Folyóvíz típusok

Forrás: OVF, 2016

Biológiai típus kód	Hidrológiai altípus kód	Típus kód	Vízgyűjtő méret	Mederesés	Mederanyag	Geokémiai jelleg	Tengerszint feletti magasság
1	S	1S	kicsi	nagy esésű	durva	szilikátos	dombvidéki-hegyvidéki
2	S	2S	kicsi	nagy esésű	durva	meszes	dombvidéki-hegyvidéki
2	M	2M	közepes	nagy esésű	durva	meszes	dombvidéki-hegyvidéki
3	S	3S	kicsi	közepes esésű	durva – közepes-finom	meszes	dombvidéki
3	M	3M	közepes	közepes esésű	durva – közepes-finom	meszes	dombvidéki
4	L	4L	nagyon nagy – nagy	közepes esésű	durva	meszes	dombvidéki
5	S	5S	kicsi	kis esésű	durva	meszes	síkvidéki
5	M	5M	közepes	kis esésű	durva	meszes	síkvidéki
6	S	6S	kicsi	kis esésű	közepes-finom	meszes	síkvidéki
6	M	6M	közepes	kis esésű	közepes-finom	meszes	síkvidéki
7	L	7L	nagy	kis esésű	közepes-finom	meszes	síkvidéki
8	XL	8N	nagyon nagy	kis esésű	közepes-finom	meszes	síkvidéki
9	F	9F	Duna méretű	közepes esésű	durva	meszes	síkvidéki
9	K	9K	Duna méretű	kis esésű	durva	meszes	síkvidéki
10	A	10A	Duna méretű	kis esésű	közepes-finom	meszes	síkvidéki

## 2. táblázat: Állóvíz típusok

Forrás: OVF, 2016

Típus kód	Méret (felület)	Tengerszint feletti magasság	Geokémiai jelleg	Vízmélység	Vízforgalom
1	>10 km <sup>2</sup>	síkvidéki	meszes	3-5 m	állandó
2	>10 km <sup>2</sup>	síkvidéki	szikes	1-3 m	állandó
3	<10 km <sup>2</sup>	síkvidéki	szikes	<1 m	időszakos
4	<10 km <sup>2</sup>	síkvidéki	szikes	1-3 m	állandó
5	<10 km <sup>2</sup>	síkvidéki	meszes-szerves	<1 m, 1-3 m	állandó
6	<10 km <sup>2</sup>	síkvidéki és dombvidéki	meszes	3-5 m, >5 m	állandó
7	>10 km <sup>2</sup>	síkvidéki és dombvidéki	meszes	3-5 m, >5 m	állandó
8	<10 km <sup>2</sup>	síkvidéki és dombvidéki	meszes	<1 m, 1-3 m	időszakos

Az egyes víztest típusok a sajátos tulajdonságaik (méret, hidromorfológia, földrajzi elhelyezkedés, vízjárás stb.) alapján másként reagálnak az őket ért hatásokra, ezért a tápanyag határértékek is minden típusra külön kerültek megállapításra. A dolgozat célja a VGT típusspecifikus osztályhatárainak felülvizsgálata egy új adatbázis segítségével.

Az osztályhatárok közül a jó és a mérsékelt osztály között húzódó határ bír a legnagyobb jelentőséggel, ugyanis ez a határ választja el azokat a víztesteket, melyek nem igényelnek beavatkozást azoktól, melyek esetében állapotjavító intézkedésekre van szükség.

A víztestek állapotának helyes meghatározása gazdasági szempontból is meghatározó, ugyanis az osztályba soroláson múlik, hogy történik-e beavatkozás a jó állapot elérése érdekében. Helytelen besorolás esetén állapotjavító intézkedések maradhatnak el vagy felesleges beavatkozások történhetnek, melyeknek jelentős a gazdasági vonzata.

### **2.3. Ökológiai háttér**

Már a 20. században ismert tény volt, hogy a felszíni vizek elnövényesedéséért a növényi tápanyagok felelősek. Ennek felismeréséhez először a szerves és szervesetlen terhelések kapcsolatát kellett megérteni, vagyis, hogy a szervesanyagokat az élőlények szerveslenné képesek alakítani. A 20. század második felében terepi mérésekkel igazolták a régóta sejtett tény, miszerint a fitoplankton és a fitobentosz növekedése általában foszfor és nitrogén által limitált (*Borics, 2015*). Ekkor születtek meg az első tanulmányok, melyek leírták, hogy a szervesetlen növényi tápanyagok – főként a nitrogén és a foszfor – eutrofizációt, azaz a vizek növényi tápanyagtartalmának növekedését és ezáltal elnövényesedést okoznak (*Vollenweider, 1976; Hecky & Kilham, 1988*), ezzel megakadályozhatják a víztestek jó állapotának elérését. A tápanyagok és a biológia kapcsolatát bizonyítja például Dolman és szerzőtársainak (*Dolman et al., 2016*) kutatása, mely leírja, hogy a biomassza mennyiségét meg lehet becsülni, ha ismert a vizsgált víztest összes foszfor és összes nitrogén koncentrációja. Azonban ez a becslés bizonytalanságokkal terhelt, mivel a vízi ökoszisztéma és a növényi tápanyagok közötti kapcsolat rendkívül összetett, a tápanyagok szükségesek a vízi ökoszisztémák fennmaradásához, csak hogy egy bizonyos koncentráció felett káros folyamatokat indítanak el. A víztestek tápanyagterhelésre adott válasza sem egyforma, a hidromorfológiájuktól, földrajzi elhelyezkedésüktől, vízjárásuktól függően másként reagálnak az őket ért hatásokra (*Page et al., 2012, Phillips et al., 2018a*).

A víztesteket természetes eredetű és emberi tevékenységből származó pozitív és negatív hatások egyaránt érhetik (pl. hőmérséklet (*Rasconi et al., 2015, Striebel et al., 2016, Yvon-Dorucher, 2017*), szél (*Cyr, 2017, Fujiwara et al., 2018*), toxikus anyagok (*Hutchinson, 1973*), zavarosság (*Cloern, 1987*), szerves terhelés (*Felföldy, 1987*), árnyékoló hatás (*Várbíró et al., 2018*), zooplankton legelése, hidromorfológiai beavatkozások (*Borics et al., 2007*)), melyek külön-külön hatással vannak a vízminőségre, ezáltal a tápanyagterhelés okozta biológiai vízminőség romlást nem lehet elkülöníteni a többi hatástól (*Phillips et al., 2018a*), csak tapasztalatokon, esettanulmányokon és hipotéziseken alapuló modellezéssel lehet meghatározni a vízminőségromlás ok-okozati láncát (*Downes, 2010*). A vizeket ért hatás biológiai egyed szinten az egyed szaporodásának, növekedésének, biokémiai folyamatainak gátlásán keresztül halált is okozhat. Élőlényközösség vagy ökoszisztéma szintjén a különböző terhelések akut vagy krónikus egyedszámcsökkenést okozhatnak, ezzel beavatkozva az élőlényközösségek közötti kapcsolat mivoltába (*Hyland et al., 2003*). Az ökoszisztémák képesek dinamikusan alkalmazkodni a terheléshez, azonban a hirtelen, nagy koncentrációban megjelenő antropogén hatásokhoz a szűktűrűsű élőlények már nem tudnak adaptálódni (*Connell, 1978*).

Amennyiben többféle terhelés is éri a víztestet, előfordulhat, hogy antagonista, szinergikus, vagy hierarchikus hatásként jelentkezhettek. Szinergikus, vagyis egymást felerősítő hatása lehet például a tápanyag terhelés és a hőmérsékletnövekedés együttes hatásának, mely hirtelen alganövekedéshez vezet (*D. Vinebrook et al., 2004*), míg a tápanyagterhelés és a hydropeaking (a vízhozam mesterséges és gyors változtatása) együttes hatásának antagonista, vagyis egymást gyengítő hatása van (*Bonder-Kunze, 2016*). Az említett esetekben a stresszorok torzítják egymás hatását, így a tápanyag által okozott terhelés nem meghatározható (*Phillips et al., 2018a*).

A biológia és a tápanyagok közötti kapcsolat összetettsége miatt nagyon fontos, hogy az ökológiai állapotértékelés szerinti osztályba sorolás megfelelő tápanyag határértékek alapján történjen.

### **3. Szakirodalmi kitekintés**

A 2018-as elemzések során a biológia és a tápanyagok kapcsolata gyengének, az  $r^2$  értékek alacsonynak bizonyultak, továbbá az egyes víztípusokhoz tartozó mintaszámok is alacsonyak voltak. A bizonytalanságok miatt az alkalmazott módszereket és a kapott

eredményeket összehasonlítottam a szakirodalomban található, hasonló elemzésekkel és azok eredményével. Célom a rendelkezésre álló mintaszámok, az  $r^2$  értékek és az alkalmazott módszertan összehasonlítása volt.

Phillips és szerzőtársai (*Phillips et al., 2018b*) több, mint 20 Európai Unió tagállam nemzetközi interkalibráció során megosztott biológiai és tápanyag adatai alapján készített statisztikai elemzést, melynek célja a kiváló-jó és a jó-mérsékelt biológiai osztályhatárokhoz hozzárendelhető tápanyag koncentráció tartomány meghatározása volt, tehát azokat a koncentráció tartományokat határozták meg, melyeken belül keresendő az adott állapotot támogató tápanyag koncentráció. A vizsgálatot egyváltozós (N vagy P) és többváltozós (N és P) regressziós módszerekkel, valamint kategorikus módszerekkel végezték. Az alkalmazott kategorikus módszerek között szerepelt a dolgozat 4.3.3. fejezetében is bemutatott mis-match módszer és dobozdiagramok (box plot). A szerzők szerint erős regressziós kapcsolat ( $r^2 > 0,6$ ) esetén az egy vagy többváltozós legkisebb négyzetek módszerének használata célszerű, míg nagyobb bizonytalanság esetén a II. típusú RMA (Ranged Major Axis) regresszió a javasolt. A kategorikus módszereket akkor érdemes használni, amikor az adatbázis nem tartalmaz minden vízminőségi osztályból adatot. A Phillips és szerzőtársai által vizsgált élőlénycsoportok a fitoplankton és a makrofiták voltak, tápanyagok közül pedig az összes nitrogént, az összes foszfort és az ortofoszfátokat vonták be az elemzésbe, ugyanis számos tagállam az említett tápanyagokkal végzi az elemzést. A kategorikus módszerek a regressziós módszerek által javasolt értékekhez hasonló osztályhatárokat javasoltak. A javasolt tápanyag tartományokat a módszerek összehasonlításával, a módszerek és az adatok bizonytalanságát figyelembe véve alakították ki úgy, hogy nem egy konkrét osztályhatárra tettek javaslatot, csak azokra a koncentráció tartományokra, melyek „legvalószínűbb”, illetve „lehetséges”, hogy tartalmazzák a keresett osztályhatárt. Phillips és szerzőtársai főként folyóvizek esetében gyenge kapcsolatot fedeztek fel a biológia és a tápanyagok között, ezért a javasolt határértékek megbízhatósága kérdéses. Kis folyók esetében a kapcsolat jelentősen gyengébbnek bizonyult ( $r^2$  értékek átlaga 0,223), mint nagyobb folyók, vagy tavak esetében, továbbá 94 vizsgált folyótípusból csak 51-nél bizonyult szignifikánsnak a biológia és a tápanyagok kapcsolata. Az elemzés eredményeként arra jutottak, hogy a tagállamok által jelenleg alkalmazott határértékek beleesnek azon tartományokba, melyeket a statisztikai módszerekkel kaptak. A javasolt határértékek élőlénycsoportonként kis mértékben különböztek, jelentős különbségek a fitoplankton vizsgálatokor

jelentkeztek, ugyanis foszfor tekintetében számottevően nagyobb  $r^2$  értékek adódtak, mint nitrogén esetében. Összes foszfor esetén az  $r^2$  értéke jellemzően 0,43-nál nagyobbak adódtak, míg összes nitrogén esetén a kívánt 0,36-os értéket sem érték el.

Phillips és szerzőtársai (*Phillips et al., 2008*) regresszió analízissel vizsgálták a tápanyagok és a biológia közötti kapcsolatot az összes foszfor és az összes nitrogén, valamint a vegetációs időszak (áprilistól szeptemberig tartó időszak) béli klorofill-a koncentráció kapcsolatán keresztül, ugyanis a klorofill-a tartalom alapján becsülhető a fitoplankton összbiomasszája (*Borics, 2015*). Az elemzéshez felhasznált adatbázis olyan 1000 európai állóvíz feldolgozott, havi szinten, mintavételi hely szerint átlagolt adatát tartalmazták, melyeken vegetációs időszakban legalább 3 mintavétel történt. Az állóvizeket mélység, alkalitás (lúgosság) és szervesanyagtartalom alapján csoportosították, továbbá földrajzi elhelyezkedésüktől függően is felosztották az állóvizeket, így kialakítottak Atlanti, Északi, Közép/Balti és Mediterrán régióba tartozó csoportokat. Az elemzés során a klorofill-a koncentráció és a tápanyagok között szignifikáns kapcsolat mutatkozott, azonban az összes foszfor esetében majdnem minden esetben erősebb volt a kapcsolat a biológiával. Az elemzés eredményeként arra jutottak, hogy a mélység és az alkalitás jelentősen, azonban a szervesanyagtartalom és a földrajzi elhelyezkedés nem befolyásolja a tápanyagok és a biológia kapcsolatát. Három olyan vízcsoportot azonosítottak, melyeket szignifikánsan eltérő kapcsolat jellemzett: Mély állóvizek esetében volt a legkisebb a tápanyag hatása a biológiára, az alacsony és a mérsékelt alkalitású, sekély víztestek esetében volt a legerősebb a kapcsolat, míg a nagy alkalitású állóvizek a két szélsőség közé sorolhatók. A regressziós kapcsolatok  $r^2$  értékei 0,34 és 0,88 között alakultak.

Látható, hogy a szakirodalomban megjelent, hasonló kutatásokat lényegesen nagyobb adatbázis elemzésével végezték, továbbá az  $r^2$  értéke is jelentősen magasabbnak bizonyult. Ez is mutatja, hogy a hazai monitoring rendszer számos hiányossággal rendelkezik, a mintavételek nem megbízhatók, a mintavételi helyek sok esetben nem reprezentatívak, ezért fejlesztésére van szükség a jobb eredmények elérése érdekében.



## 4. Anyag és módszer

### 4.1. Adatok feldolgozása

Az elemzés célja a korábban (a nemzetközi interkalibrációnak köszönhetően vélhetően helyesen) meghatározott biológiai osztályhatárok összehangolása a tápanyag osztályhatárokkal. A foszfor és a nitrogén határértékek meghatározására nem készült nemzetközileg elfogadott iránymutatás, ezeket az értékeket minden tagállam egyénileg határozta meg. Ebből kifolyólag jelentős különbségek alakulhattak ki az egyes országok módszerei között. A dolgozat a tápanyagterhelésre legérzékenyebb szervezetek, a fitoplankton és a fitobentosz állapotát leíró EQR adatok és a Magyarországon fizikai-kémiai minősítésre használt tápanyagok, az összes foszfor és az összes nitrogén összehangolását célozza meg.

Az elemzéshez felhasznált kémiai mintavételi adatok az OKIR-ból (*Országos Környezetvédelmi Információs Rendszer*) származnak, míg a biológiai adatokat forrása az Országos Vízügyi Főigazgatóság Víztisztaság-online Rendszere (*OVF*). A rendelkezésemre bocsátott adatok nem tartalmazták a víztestek típusát, azokat a VGT 6.1 melléklete (*OVF, 2016*) alapján rendelttem hozzá a kémiai és biológiai adatokhoz.

A rendelkezésemre bocsátott adathalmaz több tízezer 2007 és 2019 között vett kémiai, valamint 1992 és 2018 közötti időszakból származó biológiai mintavétel eredményét tartalmazza, melyek közül számomra az összes foszforra és összes nitrogénre, valamint a fitoplanktonra és fitobentoszra vonatkozó adatok voltak relevánsak. A biológiai mintavételi adatok a vegetációs időszakból, az április és október közötti időszakból származnak, míg kémiai mintavétel egész évben történik. Biológiai mintavétel egy évben átlagosan 2-8 alkalommal, kémiai mintavétel átlagosan évi 10-12 alkalommal történt.

Az adatok feldolgozását az alábbiakban leírtak szerint végeztem el. A FEVISZ (Felszíni Víztisztasági Szakterületi Rendszer) mintavételi pontokon a 2007 és 2019 közötti időszakban vett minták feldolgozott kémiai adatait az 1992 és 2018 között vett feldolgozott biológiai adatokkal párosítottam az alábbiak szerint. Kiválasztottam a két adatsor közös időszakát, majd az adatokat a mintavételi helyek KTJ kódja alapján egymáshoz rendelttem. A biológiai adatsorból számos esetben hiányoztak a KTJ kódok, ezért a mérési pontokat a mintavételi helyek EOVS koordinátái alapján térképre helyeztem a FEVISZ monitoring pontok koordinátaival együtt, majd az azonos

koordinátájú kémiai és biológiai mintavételi helyeket egymáshoz rendeltem. A 2. ábrán látható, hogy számos kémiai mintavételi ponton nem történt biológiai mintavétel, és ez a megállapítás fordítva is igaz. Továbbá látható, hogy valószínűleg adatvesztés történhetett, ugyanis Nógrád megyéből alig tartalmaz biológiai mintavételi adatokat az adatbázis.

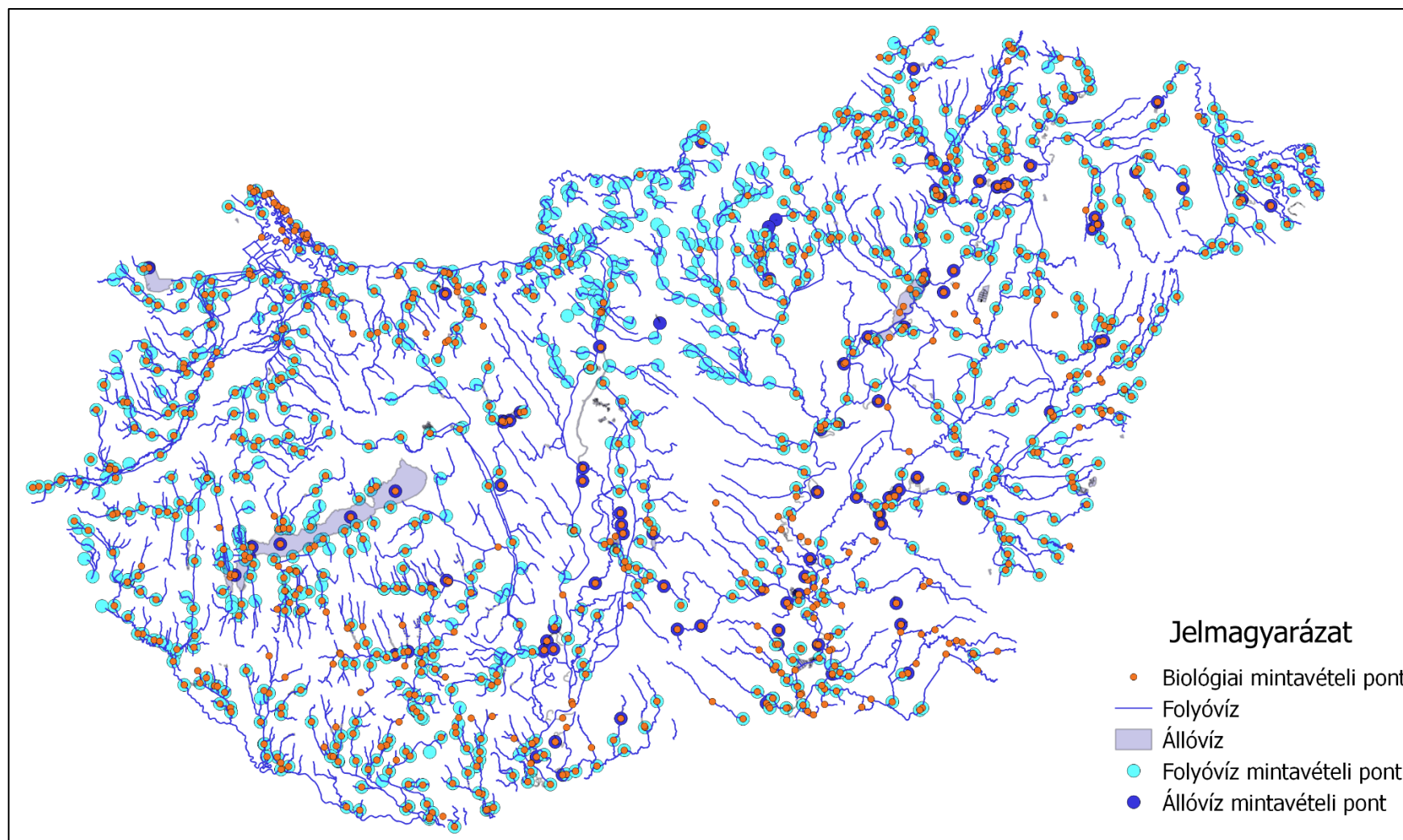
Számos biológiai mintavétel nem FEVISZ mintavételi helyen történt. Ezen adatokat, amennyiben a víztest azonos szakaszán, FEVISZ mintavételi helyekhez közel helyezkedtek el, egymáshoz rendeltem. Az ily módon elkészített adatbázist két részre bontottam a két vizsgált időszak (2007-2012 és 2013-2017) szerint és a vizsgált élőlények szerint. Dolgozatomban fitoplankton és fitobentosz, valamint a növényi tápanyagok közötti kapcsolatot vizsgáltam, így csak a két fenti élőlénycsoportot jellemző biológiai értékeket vettem figyelembe. Az egyes mintavételi helyekhez tartozó biológiai és kémiai adatokat éves szinten átlagoltam, majd az átlagolt biológiai EQR értékeket minőségi osztályokba soroltam a VGT-ben meghatározott skála alapján, vagyis a kiváló-jó osztályhatárt az  $EQR=0,8$ , a jó-mérsékelt osztályhatárt az  $EQR=0,6$ , a mérsékelt-gyenge osztályhatárt az  $EQR=0,4$ , míg a gyenge-rossz osztályhatárt az  $EQR=0,2$  adja (OVF, 2016). Az elemzés elvégzéséhez szükségem volt a víztestek kategóriákba és típusokba sorolására. Ezt a VOR kódok alapján a VGT 6.1 mellékletéből (OVF, 2016) rendeltem az adatbázisomhoz.

Azon mintavételi pontokat, melyekhez a szükséges adatok bármelyike hiányzott, törtöltem az adatbázisból.

A biológiai adatbázis 956 db KTJ kódhoz rendelt fitoplanktonra és 1219 db fitobentoszra vonatkozó adatsort tartalmazott. A kémiai adatbázis nem minden esetben tartalmazott biológiai adatokhoz rendelhető mérési eredményeket, így az általam készített adatbázis 741 db víztest és 899 mintavételi pont mérési eredményeit tartalmazza a 2007-2017 közötti időszakra vonatkozóan.

A vizsgálat célja a korábbi elemzések pontosítása volt úgy, hogy a víztestek kategóriák szerint külön kerülnek vizsgálatra. Eszerint külön vizsgáltam a természetes és az erősen módosított állapotú víztesteket, továbbá vizsgáltam, hogy a mesterséges vizeket érdemes-e külön vizsgálni, valamint az elemzés pontosítása céljából érdemes-e összevonni az erősen módosított kategóriával.

Vizsgált időszaknak a 2. és a 3. VGT időszakát választottam, vagyis a 2007-2012 közötti és a 2013 és 2019 közötti időszakot (a VGT 2 időszakának eredményei összehasonlíthatók a korábbi munkámmal).



2. ábra: Mintavételi pontok térképen történő ábrázolása

A fentiek értelmében az adatfájlokat a két vizsgált időszakra külön, kategóriákra bontva, víztípusonként alakítottam ki, elkészítésük a rögzítettnek tekintett biológiai értékekkel összhangban levő növényi tápanyagok meghatározását segítő útmutatóban (*Phillips et al., 2018a*) leírtak szerint történt.

A víztestek helyett mintavételi pontok adatainak elemzése nem váltotta be a hozzáfűzött reményeket, miszerint ezzel jelentősen megnő a korábbi vizsgálatok során adathiány miatt nem, vagy csak statisztikai szempontból megkérdőjelezhető módon elemezhető víztípusok száma. A 3. táblázat alapján látható, hogy a VGT 6.1 mellékletében szereplő víztestek (*OVF, 2016*) számához képest állóvizek esetében valóban sikerült növelni az elemezhető víztestek számát, azonban folyóvizek esetében csökkent az elemzésbe bevonható víztestek száma.

**3. táblázat: Az elemzésbe bevonható víztestek száma**

	VGT 6.1 melléklete szerinti víztestek száma	Elemezhető víztestek száma a VGT adatbázisa alapján*	Új adatbázis alapján a vizsgálatba bevont víztestek száma
Folyóvizek	889	690	655
Állóvizek	189	53	86

\*Megjegyzés: Elemezhető víztestek alatt azok a víztestek értendők, melyekhez minden, az elemzéshez szükséges adat (összes foszfor, összes nitrogén, EQR, VOR kód, típus) hozzárendelhető.

Jelen esetben az elemzést csak azon víztípusok esetében végeztem el, melyek legalább 10 adatsort tartalmaztak. A mintaszám növelése érdekében a hasonló típusokat (pl. 3S és 3M) összevonva is elemeztem (3S-3M).

#### **4.2. A biológia változékonysága**

A hazai monitoring egyelőre sok tekintetben nem megfelelő, főként a biológiai és a veszélyes anyagok tekintetében. A biológiai mintavételezés gyakorisága nem elegendő a víztestek jellemzéséhez, a kijelölt pontok nem minden esetben reprezentatívak (lásd 4.1. fejezet: számos mintavétel nem FEVISZ monitoring ponton történt), valamint a módszertan sem kidolgozott (*Somlyódi, szerk., 2011*). Ebből is adódhat, hogy a biológiai adatok szórása rendkívül nagy, illetve számos esetben a víztestek állapotának változása valótlannak bizonyult. Ezt az állítást bizonyítják az alábbi példák:

- A 102088646 KTJ kóddal jelzett mintavételi helyen fitoplankton szempontjából az EQR értéke 2010 májusában 0,76-nak adódott, ami a jó állapotnak felel meg, majd 2010 augusztusában csak 0,10-ben határozták meg az EQR értékét, ami

rossz állapotot jelöl. Ugyanebben az évben októberben a mintavételi ponton mért vízminőség ismét jó állapotot mutatott (EQR=0,66).

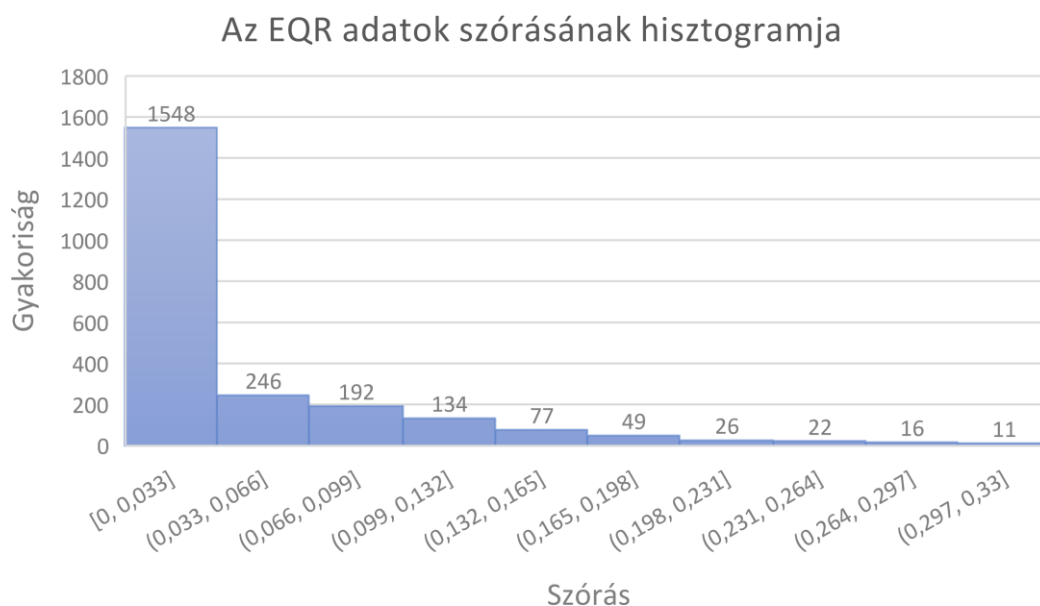
- A 102171203 KTJ kóddal azonosítható mintavételi ponton 2011 áprilisában és májusában jó állapotot állapítottak meg fitoplankton szempontjából (EQR értéke rendre 0,74 és 0,60), majd 2011 júniusában már csak 0,05-ös EQR érték (rossz állapot) jelent meg az adatbázisban. 2011 szeptemberére a biológiai állapot ismét jónak mutatkozott (EQR=0,63).

A biológiai adatok nagy változékonyságát mutatja továbbá a 4. táblázat, melyben látható, hogy egyes esetekben az adott időszakra vonatkozó EQR értékek átlagához képest rendkívül magas az egyes mintavételi pontokra meghatározott EQR értékek szórásának átlaga. Érdeemes még megnézni az adott mintavételi pontokhoz tartozó, EQR-ra vonatkozó szórások nagyságát. Minden időszakra vonatkozóan kiemeltem a legnagyobb szórás értéket, melyek az átlagos EQR értékhez viszonyítva rendkívül nagyok.

**4. táblázat: A biológiai adatok változékonysága**

Vizsgált időszak	Folyóvizek				Állóvizek			
	2007-2012		2013-2017		2007-2012		2013-2017	
Vizsgált élőlénycsoport*	FB	FP	FB	FP	FB	FP	FB	FP
Átlagos EQR érték	0,5893	0,5245	0,5831	0,5690	0,5185	0,6749	0,4699	0,6544
Az EQR szórásainak átlaga	0,0256	0,0459	0,0182	0,0383	0,0503	0,0383	0,0422	0,0306
Legnagyobb szórás érték	0,3300	0,3113	0,3088	0,3145	0,3101	0,1830	0,3088	0,2053
Relatív szórás	0,0544	0,1014	0,0352	0,0823	0,1701	0,0659	0,1240	0,0501

\*Megjegyzés: FB jelentése: fitobentosz, FP jelentése: fitoplankton.



**3. ábra: Az EQR adatok szórásának hisztogramja**

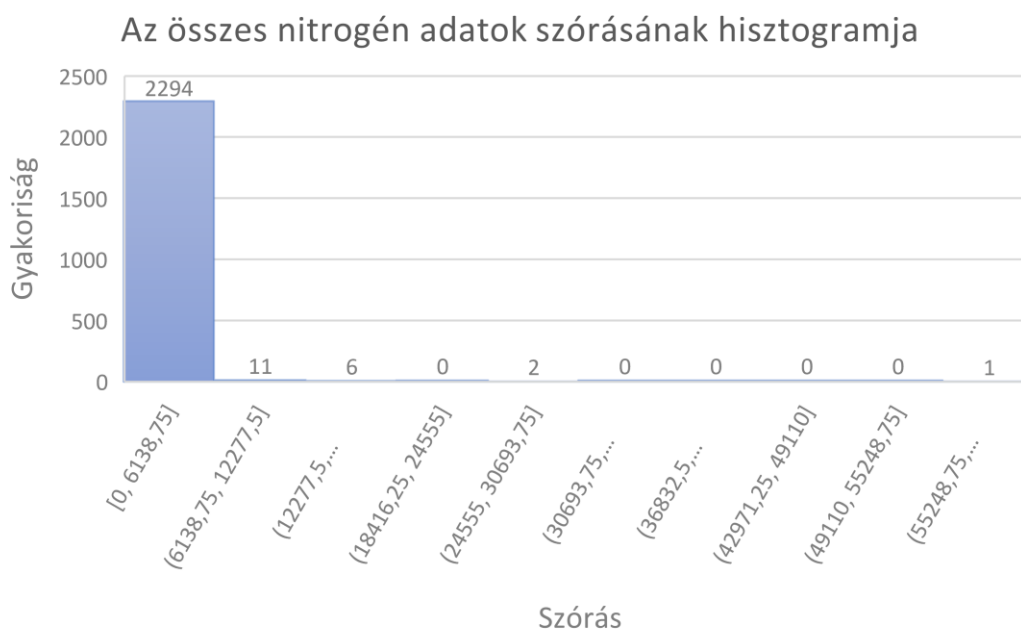
A bemutatott, valószínűtlennek tűnő adatok alapján felmerül a kérdés, hogy vajon a mintavételi módszertanban vagy az adatok rögzítésében rejlik a hiba, esetleg valóban lehetséges, hogy ilyen rövid idő alatt ilyen nagymértékű állapotváltozásra képes az ökoszisztéma?

A kémiai adatokra vonatkozó szórás értékeket az 5. és 6. táblázat tartalmazza.

**5. táblázat: Az összes nitrogén adatok változékonysága**

Vizsgált időszak	Folyóvizek				Állóvizek			
	2007-2012		2013-2017		2007-2012		2013-2017	
Vizsgált élőlénycsoport*	FB	FP	FB	FP	FB	FP	FB	FP
Átlagos összes nitrogén koncentráció	4360,9	4069,8	3260,4	3488,2	4273,8	3016,1	3323,4	2762,3
A legnagyobb szórás érték	10961,0	15679,2	29254,3	61387,5	10961,0	12905,0	10961,0	5930,0
Az összes nitrogén adatok szórásának átlaga	346,0	453,3	251,0	309,3	852,1	548,7	852,1	182,9
Relatív szórás	0,0866	0,1007	0,0484	0,0600	0,1721	0,1598	0,1598	0,0585

\*Megjegyzés: FB jelentése: fitobentosz, FP jelentése: fitoplankton.



**4. ábra: Az összes nitrogén adatok szórásának hisztogramja**

**6. táblázat: Az összes foszfor adatok változékonysága**

Vizsgált időszak	Folyóvizek				Állóvizek			
	2007-2012		2013-2017		2007-2012		2013-2017	
Vizsgált élőlénycsoport*	FB	FP	FB	FP	FB	FP	FB	FP
Átlagos összes foszfor koncentráció	641,6	466,3	562,3	469,3	1033,5	463,6	1125,2	606,4
A legnagyobb szórás érték	3708,6	10305,74	2382,0	2955,5	3708,6	1250	3708,6	996,8
Az összes foszfor adatok szórásának átlaga	84,6	94,0	51,5	52,4	285,4	74,9	285,4	44,0
Relatív szórás	0,1035	0,1440	0,0790	0,0972	0,2380	0,2220	0,2220	0,1000

\*Megjegyzés: FB jelentése: fitobentosz, FP jelentése: fitoplankton.



**5. ábra: Az összes foszfor adatok szórásának hisztogramja**

A táblázatokból látható, hogy a kémiai adatok esetében is nagy az összes foszfor és az összes nitrogén értékek szórása, azonban ez a kémiai mintavételi adatoknál megszokott, ugyanis a pontforrásokból érkező terhelés időről időre változó összetételben tartalmazhat szennyezőanyagokat.

### 4.3. Alkalmazott statisztikai módszerek

#### 4.3.1. Az elemzéshez segítséget nyújtó program

A megfelelő osztályhatárok megállapításában a „Best Practice Guide for establishing nutrient concentrations to support good ecological status” című dokumentum (*Phillips et al., 2018a*) és a hozzá tartozó „Toolkit” nyújtott segítséget. Az útmutató célja a tagállamok segítése a felszíni vizek jó ökológiai állapotát támogató foszfor és nitrogén koncentrációk meghatározásában és a jelenlegi határértékek felülvizsgálatában (*Phillips et al., 2018a*).

Az elemzést az útmutató alapján, az alábbi linken elérhető webprogram segítségével készítettem el: [http://phytoplanktonfg.okologia.mta.hu:3838/Tkit\\_nutrient/](http://phytoplanktonfg.okologia.mta.hu:3838/Tkit_nutrient/). A webprogram egy R programnyelven írt, a programozói környezethez nem szokott felhasználók számára készült interaktív, statisztikai vizsgálatokra elvégzésére alkalmas grafikus felület.

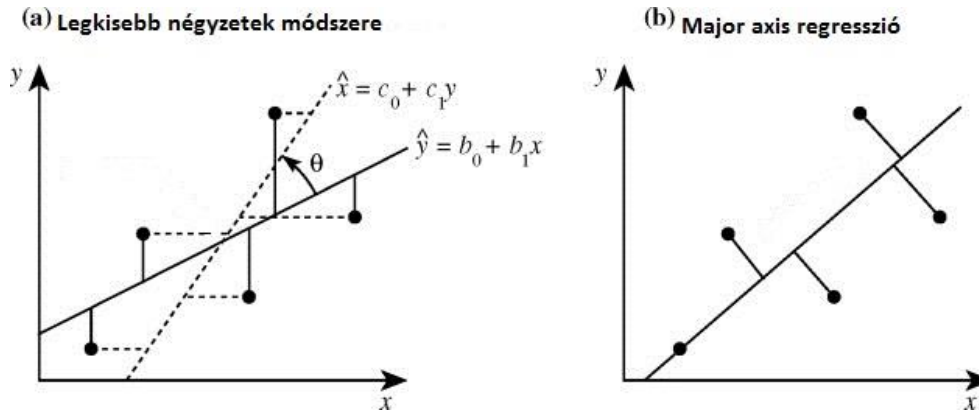
A webprogram regressziós és kategorikus modellek futtatásával segíti a megfelelő határértékek megtalálását.



Az adatok programba való importálását követően lehetőség van a kiugró értékek eltávolítására, az adatok tisztítására. Az adatsor jóváhagyását követően be kell állítani azt az elemzési tartományt, melyen a leginkább lineáris az adatkapcsolat, az elemzést erre a tartományra javasolt elvégezni. Ezt követően már csak a modellek futtatása és az eredmények leolvasása a dolgunk.

#### **4.3.2. Regressziós módszerek**

A regressziós módszerek a biológiai állapot és a tápanyagok közötti kapcsolatot vizsgálják. A vizsgálatok során kétféle regressziós módszert alkalmaztam, a legkisebb négyzetek módszerét és a II. típusú RMA (Ranged Major Axis) regressziót. Regressziós módszerek alkalmazásakor el kell dönteni, hogy a biológiai állapotot (EQR) vagy a tápanyagot tekintjük függő változónak. A legkisebb négyzetek módszere a függő változó értékeinek eltérését minimalizálja, míg a magyarázó változóban nem feltételez bizonytalanságot (*Freedman et al., 2005*). Biológiai adatok elemzésénél azonban ez a becslés helytelenségét okozhatja, alulbecsülheti a regressziós egyenes meredekségét, ezáltal hibás eredményt kaphatunk a keresett tápanyag koncentrációra. Ebből kifolyólag a „Toolkit” (*Phillips et al., 2018a*) lehetőséget ad a legkisebb négyzetek módszerének futtatására mind az EQR, mind a tápanyag, mint függő változó használatával. A legkisebb négyzetek módszere mellett a II. típusú regressziót választottam az elemzéshez, mely a független és a magyarázó változó értékeiben fellépő különbségeket egyaránt minimalizálja. Hátránya, hogy csak egy magyarázó változóval alkalmazható (*Phillips et al., 2018a*). A két regressziós módszer közötti különbség az eltérések minimalizálásának módjában rejlik, melyet a 3. ábra szemléltet. Míg a legkisebb négyzetek módszere a regressziós egyenestől vett horizontális vagy vertikális távolságot minimalizálja (attól függően, hogy mit tekintünk függő és magyarázó változónak), addig az RMA regresszió a regressziós egyenestől vett euklideszi távolságot minimalizálja (*Legendre & Legendre, 1998*).

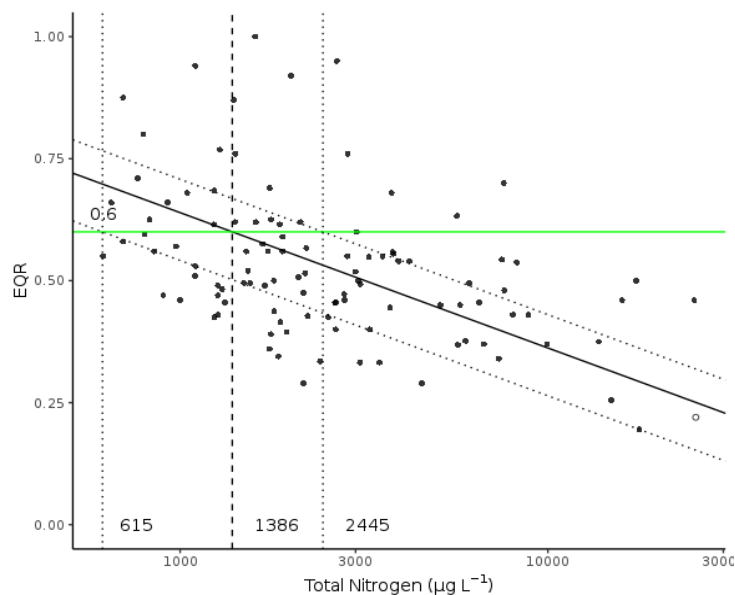


6. ábra: Az alkalmazott regressziós módszerek közti különbség

A regressziós módszerek hátránya, hogy a megbízható becsléshez legalább a vizsgált osztályokon belül lineáris tápanyag-biológia kapcsolatot igényel.

A regressziós módszerekkel történő elemzés eredményét a 7. ábrán látható példán keresztül mutatom be.

Az ábrán a zöld vízszintes vonal jelzi az EQR=0,6-os értéket, vagyis a jó-mérsékelt biológiai osztályhatárt. Ahol a regressziós egyenes ezt a vonalat metszi, ott található nagy valószínűséggel a jó állapotot támogató tápanyag koncentráció, melynek helye az ábrán szaggatott vonallal van jelezve. Az elemzés bizonytalanságát a konfidenciaintervallum jellemzi, melyet pöttyözött vonal jelöl (*Phillips et al., 2018a*). Tehát a példa ábrán a jó ökológiai állapotot támogató összes nitrogén koncentráció 1386  $\mu\text{g/l}$ -nél található. A konfidenciaintervallum rendkívül széles, 615 és 2445  $\mu\text{g/l}$  között húzódik.



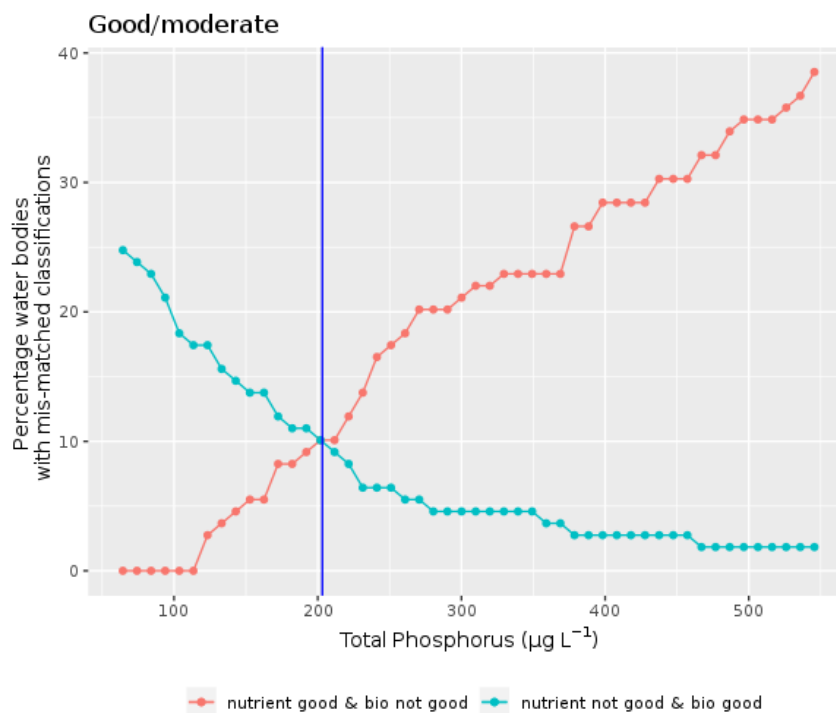
7. ábra: Regressziós módszerrel való elemzés eredménye

### 4.3.3. Mis-match módszer

A mis-match módszer egy kategorikus módszer, mely a folytonos változók kategorizálásával a tápanyag koncentráció eloszlását vizsgálja a biológiai osztályokon belül (*Phillips et al., 2018a*).

A módszer előnye, hogy könnyebben értelmezhető és kevésbé érzékeny a regressziós módszereknél megfogalmazott hátrányokra (lásd 4.3.2 fejezet). Alkalmazása gyenge tápanyag-biológia kapcsolat (alacsony  $r^2$  érték) fennállása esetén előnyös, továbbá, ha a rendelkezésre álló adatok spektruma nem elég széles, vagyis nem rendelkezünk minden vizsgálandó biológia osztályból adatokkal (*Poikane et al., 2019a*).

A mis-match módszerrel történő elemzés eredményét az 8. ábrán látható példán keresztül mutatom be. Az ábra azoknak a víztesteknek a százalékos arányát mutatja, melyek különböző osztályba sorolhatók biológiai és tápanyagszempontról osztályozás szerint. Az ábrán a kék vonal a biológiai szempontból alacsonyabb osztályba sorolt víztesteket-, míg a piros vonal a magasabb biológiai osztályba sorolt víztesteket mutatja. A két vonal metszéspontjában a legkisebb a biológiai és fizikai-kémiai szempontból nem összehangoltan osztályozott víztestek száma, ezért az ehhez tartozó tápanyag koncentráció jó közelítést ad a keresett határértékre (*Phillips et al., 2018a*). A példa ábrán a módszerrel becsült összes foszfor határérték 200  $\mu\text{g/l}$ .



8. ábra: Mis-match módszerrel való elemzés eredménye

## 5. Eredmények diszkussziója

A statisztikai módszerekkel kapott eredmények diagramokról olvashatók le. A dolgozatban nem szerepel az összes ábra, a megértést a 4.3.2. és 4.3.3. fejezetekben található képek segítik. Az elemzés részletes eredményei a dolgozat mellékletében találhatóak. Az eredmények a két vizsgált időszakra vonatkozóan és a vizsgált élőlénycsoport szerint külön kerülnek bemutatásra. A táblázatokban azon esetekben, melyekben a módszerek nem adtak eredményt, „NA” jelölés szerepel.

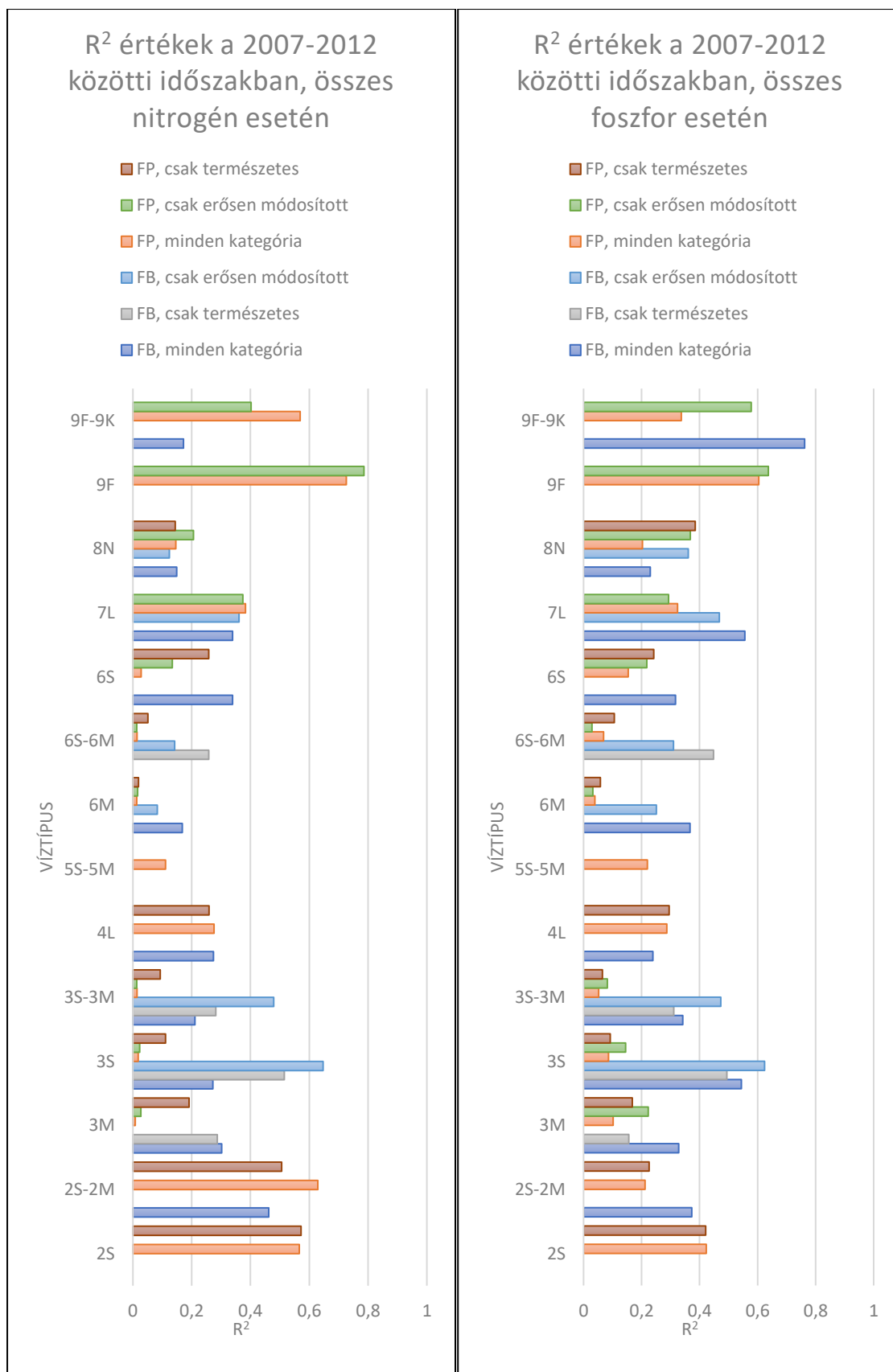
A különböző módszerek által kapott eredményeket összehasonlítottam, a valószínűleg nem figyelembe véve, majd az egymáshoz közeli értékeket átlagoltam. Amennyiben a regressziós módszerekkel kapott határértékek nagyon különbözőek voltak és az  $r^2$  értéke nagyon alacsony volt, a mis-match módszer használata megbízhatóbb, a módszerrel kapott eredmények is valószínűbbnek bizonyultak, ezért ilyen esetekben ezt az eredményt vettem figyelembe. Javaslattételre csak akkor került sor, ha mindkét vizsgált időszakban, több módszerrel is eredményre jutottam, illetve, ha az eredmények mindkét vizsgált időszakban valószínűnek adódtak. A javaslattételhez a kapott eredményeket víztípusonként átlagoltam, majd a VGT határértékeihez hasonlóan kerekítettem a kapott értékeket.

A javasolt határértékek a dolgozat 6. fejezetében kerülnek bemutatásra.

Az új adatbázissal történő elemzés állóvizek esetében növelte az mintaszámot, azonban folyóvizeknél ugyanez nem mondható el. A rendelkezésre álló biológiai és kémiai adatbázis összehangolása a számos esetben hiányos és össze nem egyeztetett adatbevitel miatt nehézkes volt. A mintavétel rendszertelensége és a mintavételi helyek összehangolásának hiánya jelentősen csökkentette az elemzésbe bevonható víztestek számát.

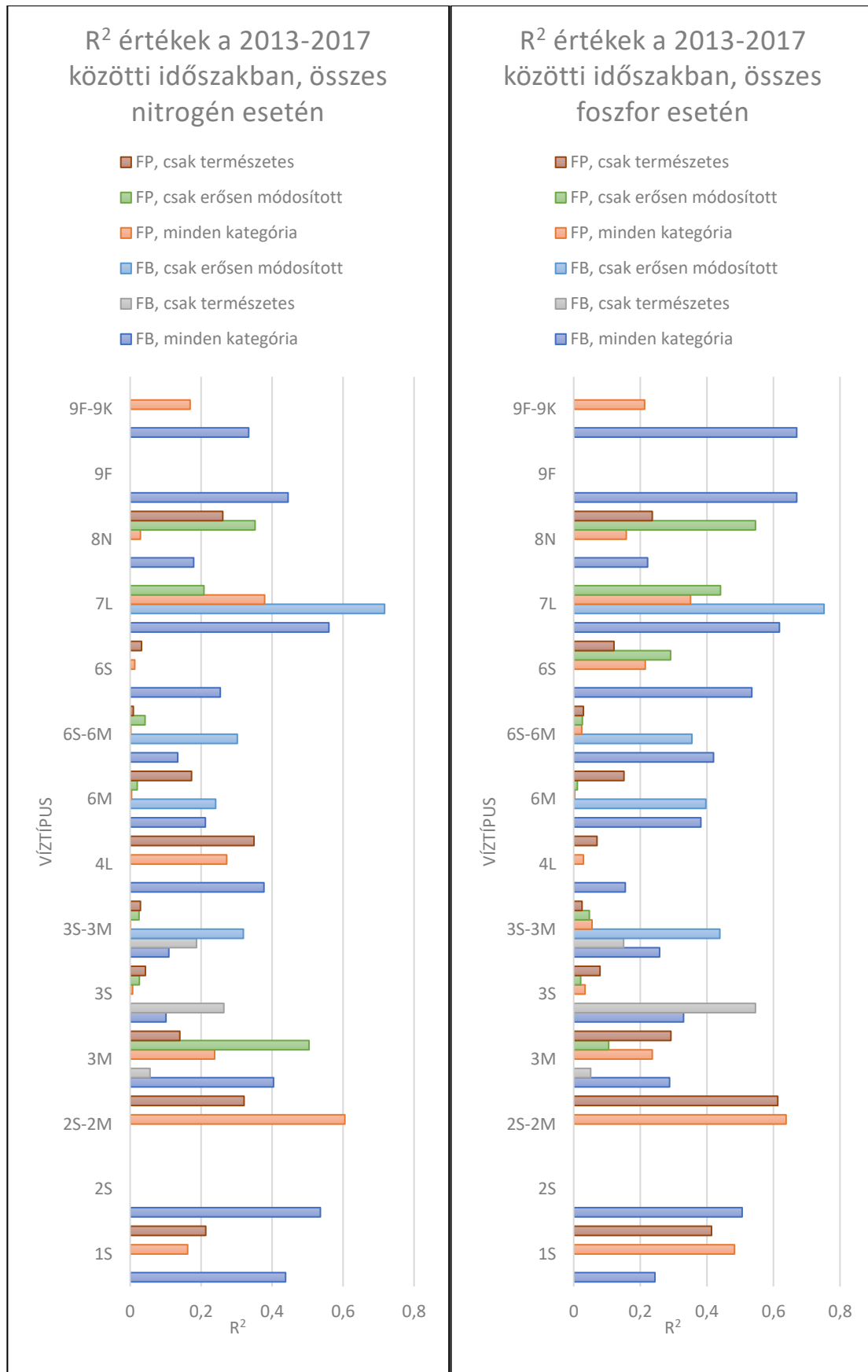
Az új adatokkal történő elemzés esetében is látható, hogy az EQR és a tápanyagok közötti kapcsolat gyenge, az  $r^2$  értéke rendkívül alacsony, ezért az elemzés megbízhatósága megkérdőjelezhető. A kapcsolat gyengeségének legvalószínűbb oka a hazai víztesteket érő rendkívüli mértékű, sokféle terhelés (OVF, 2016), melyek hatása nem különböztethető meg a tápanyagterheléstől.

A 6. és 7. ábráról leolvasható, hogy az  $r^2$  értéke azon típusok esetében volt kisebb, melyek nagyobb mintaszámmal voltak bevonhatók a statisztikai elemzésbe (pl. 6-os folyóvíz típus). Ezek az ábrák csak a folyóvizekre vonatkozó adatokat ábrázolják, ugyanis állóvizek esetében csak az 5. típus elemzése vezetett eredményre.



\*Megjegyzés: FB jelentése: fitobentosz, FP jelentése: fitoplankton.

**9. ábra: R<sup>2</sup> értékek összehasonlítása a 2007-2012 időszakra vonatkozóan**



\*Megjegyzés: FB jelentése: fitobentosz, FP jelentése: fitoplankton.

**10. ábra: R<sup>2</sup> értékek összehasonlítása a 2013-2017 időszakra vonatkozóan**

A kisméretű vízgyűjtővel rendelkező vízfolyások fitobentossal történő vizsgálata esetén a különböző modellek hasonló eredményt adtak, míg fitoplankton esetében az eredmények szórása nagyobb volt. Ezt okozhatja az a tény, hogy az említett típusokban a fitoplankton nem jellemző élőlénycsoport, ugyanis nem biztosított a kellő tartózkodási idő és fény egy nagyobb állomány kialakulásához (*Várbíró et al., 2012*). Nagyobb vízfolyások esetén a fitoplankton és a tápanyagok közötti kapcsolat erősebbnek mutatkozott.

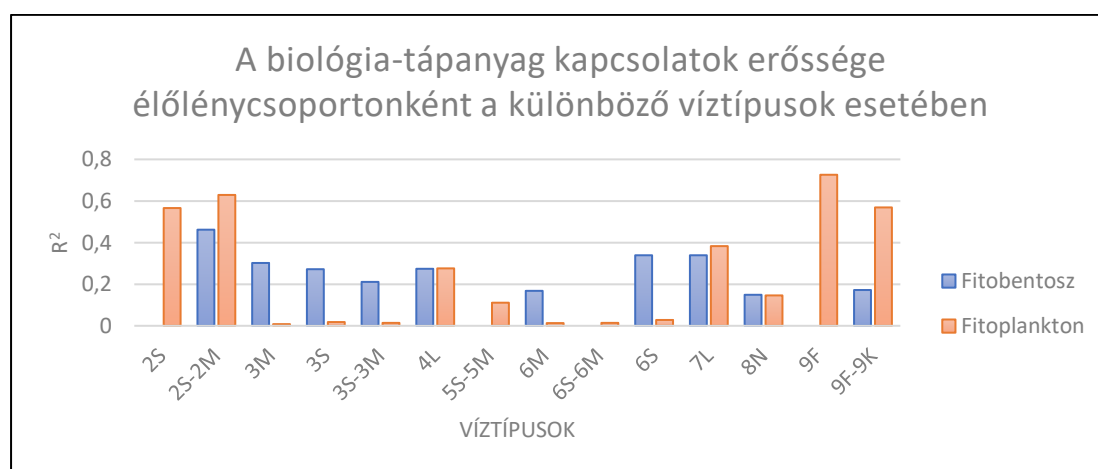
A mellékletben található, eredményeket tartalmazó táblázatok „Mintaszám” oszlopából kitűnik, hogy ugyan az elemzést csak azon víztípusok esetében végeztem el, melyek legalább 10 db mintát tartalmaztak, számos esetben az elemzés során az eltávolított kiugró értékek miatt a mintaszám tovább csökkent, fenyegetve ezzel az elemzés megbízhatóságát. A megbízható elemzéshez szükséges mintaszám meghatározására számos módszer alkalmas, azonban van egy egyszerű megközelítő szabály, miszerint legalább tízszer annyi megfigyelés szükséges, mint ahány változó van, illetve egy változónál minimálisan 5, de inkább 10 megfigyelés történjen. A nagyobb mintaszám kisebb konfidenciaintervallumot eredményez (*Dinya et al., 2013*). Az elemzés során alkalmazott mintaszámok ennek a hüvelykujj szabálynak számos esetben megfeleltek, azonban az eredményeket fenntartásokkal kell kezelni, ugyanis megbízható elemzés csak nagy mintaszámok esetén készíthető.

A mis-match módszer sok esetben nem adott eredményt, mely azzal magyarázható, hogy az adatok nem fedtek le több minősítési osztályt, ezzel nem teljesült a módszer alkalmazhatóságának feltétele, miszerint ideális esetben minden osztályból, de legalább a kiváló, a jó és a mérsékelt osztályból rendelkezünk adatokkal. Azon esetekben, melyekben a módszerrel csak az egyik osztályhatárra kaptam eredményt, a nem meghatározható osztályhatár melletti két osztály legalább egyikéből nem állt rendelkezésre adat.

A különböző regressziós módszerekkel kapott osztályhatárok közötti eltérés nagyban függ az  $r^2$ -től, így az elvárásaim szerint minél jobb volt a regressziós egyenes illeszkedése, annál kisebb kellett volna, hogy legyen a különböző módszerek által becsült határértékek közti különbség. Azonban számos esetben előfordult, hogy relatíve magas  $r^2$  esetén is egymástól jelentősen eltérő eredményeket kaptam. A regressziós módszerek által becsült határértékek sok esetben különbözők voltak, a becsült értékek közül az RMA regresszióval történt becslés volt a legtöbb esetben valószerű.

A regressziós módszerek jellemzően magasabb határértékekre adtak javaslatot, mint a mis-match módszer, illetve a jelenlegi határértékeket is felülbecsülték.

Az eredményekből kitűnt továbbá az is, hogy amennyiben a biológiai adatok fitoplanktonra vonatkoztak, az eredmények sokkal egységesebbek lettek a két vizsgált időszakban és emellett reális, a jelenlegi határértékhez közeli eredményeket kaptam. Ezzel szemben a fitobentosz adatokkal végzett vizsgálatok sok esetben a jelenlegi határértékek többszörösét vagy épp töredékét kaptam eredményül. Nöges és szerzőtársai (Nöges *et al.*, 2016) olyan statisztikai elemzéseinél, amikor a víztestet többféle terhelés is érte, a bentikus élőlények esetében szignifikánsan alacsonyabbnak bizonyult a magyarázó erő. A fitobentosz ugyanis különösen érzékeny a tápanyag terhelésre, továbbá indikátorként használható hidrológiai változásokra (pl. vízszint változás). A Poikane és szerzőtársai (Poikane *et al.*, 2019b) által végzett kutatások is azt bizonyították, hogy a tápanyag koncentráció és a biológia kapcsolata azon folyóvizek esetében gyenge, melyekben a fitobentosz tömegesen fordul elő és más tényezők, például a hidrodinamika, a legeltetés, a parti árnyékolás és egyéb antropogén tényezők (pl. toxikus anyagok, természetes hidromorfológiát módosító beavatkozások) befolyásolják az ökoszisztémát. A leírtakat ábrázolja a 8. ábra, mely a 2007-2012 közötti időszakra vonatkozó, nitrogén és a biológia kapcsolatát vizsgáló elemzések során kapott  $r^2$  értékeket ábrázolja élőlénycsoportonként. Látható, hogy fitoplankton vizsgálata esetén jelentősen kisebb  $r^2$  értékek adódtak azon víztípusok esetében, melyek nagy mintaszámmal voltak bevonhatók az elemzésbe (pl. 6-os típus). Ezek az elemzések bizonytalanok voltak, azonban kis mintaszám esetén nagyobb  $r^2$  értékeket kaptam fitoplankton vizsgálatokor.



**11. ábra: A biológia-tápanyag kapcsolat erőssége a különböző élőlénycsoportok esetén**



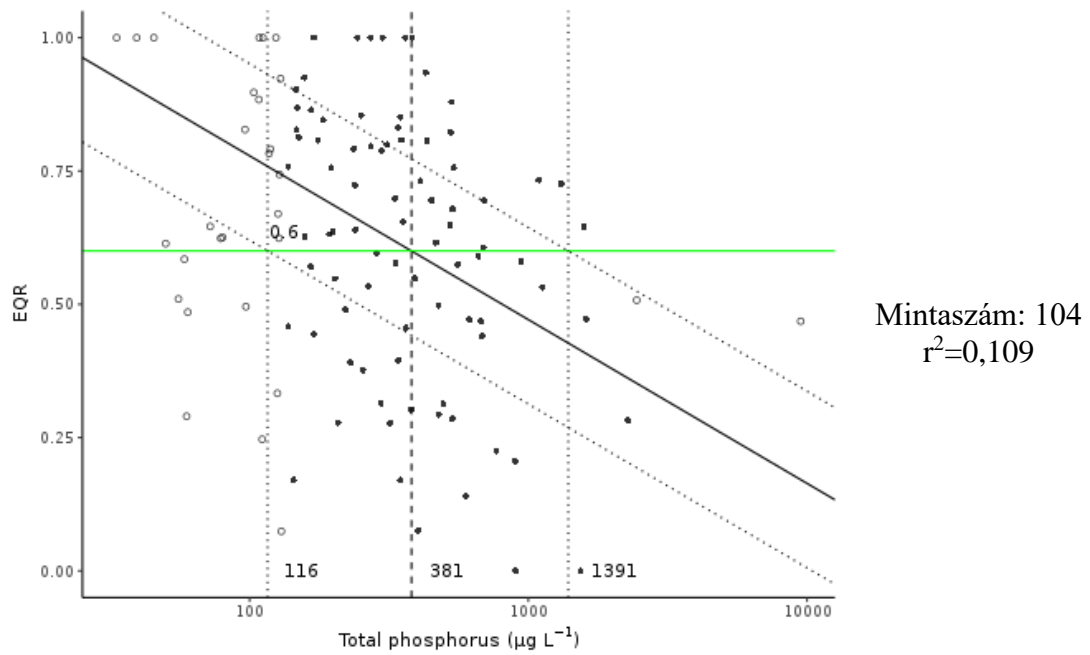
Az eredmények azt mutatták, hogy a 2007-2012 közötti időszakra vonatkozóan enyhébb határértékek javasolhatók, mint a későbbi időszak adatai alapján, továbbá több esetben a korábbi időszakra vonatkozó határértékek közelebb álltak a VGT osztályhatáraihoz. Ez tehát megerősíti a VGT-ben alkalmazott határértékek helyességét, azonban kérdéseket vet fel azzal kapcsolatban, hogy a jövőben kell-e változtatni a határértékeken, illetve a módszer megbízhatóságát is megkérdőjelezi, ugyanis ideális esetben mindkét időszak vizsgálatával hasonló eredményeket kellene kapni. A két időszak eredményei közül nem lehet kiemelni egyiket sem, egyik időszakban sem kaptam jobb, megbízhatóbb eredményeket, mint a másikban.

A korábbi, átlagértékekkel végzett elemzés eredményeivel összehasonlítva elmondható, hogy az új, részletesebb vizsgálat több esetben megerősítette a korábban javasolt határértékeket, de azoknál szigorúbb és enyhébb határértékjavaslat is született. A várakozásokkal ellentétben azonban nem mutatható ki egyértelmű tendencia a régi és az új határértékjavaslatok között.

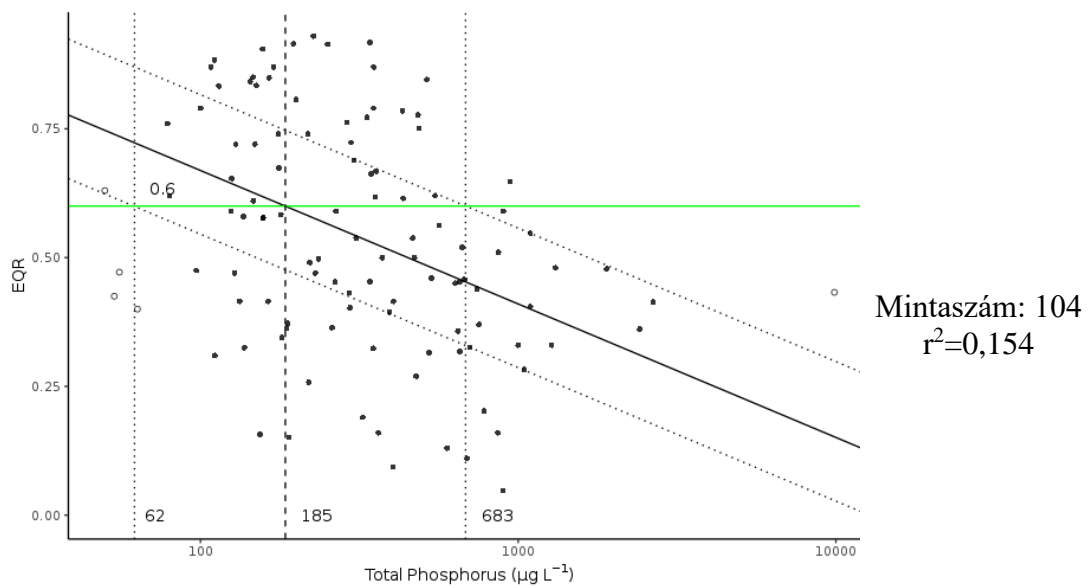
A természetes állapotú víztestek biológiai adatok szempontjából hiányosak voltak, kevesebb fitobentosz mintavétel történt, mint fitoplankton, emiatt csak a 3-as és a 6-os folyóvízcsoporthoz tudtam határérték javaslatot adni.

Mivel a mesterséges kategóriában az egyes típusokhoz kevés víztest tartozott, ezért külön vizsgálata csak a 6S és 6M típusoknak volt lehetséges, azonban a két csoport vizsgálatakor a biológia és a kémia kapcsolata nagyon gyengének bizonyult, az  $r^2$  értéke nagyon kicsi volt. Ebből kifolyólag a mesterséges víztesteket összevontam az erősen módosított víztestekkel, így az  $r^2$  értéke számos esetben nagyobbak adódott, mint a kizárólag mesterséges és a kizárólag erősen módosított víztestek elemzésén alapuló vizsgálatok esetében.

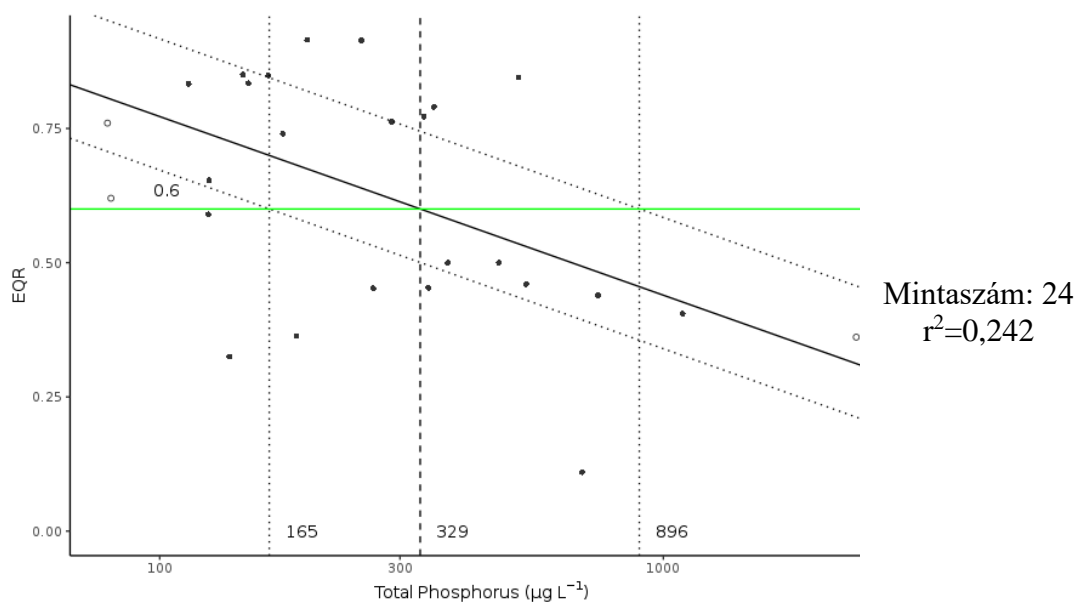
Az új adatbázissal történő elemzés számos esetben növelte a mintaszámot és az  $r^2$  értékét, különösen a kategóriákra bontásokkal. Ezt az állítást a 6S folyóvíz típus fitoplankton adatokkal és foszforral történő elemzéséből kapott eredmények összehasonlításával szemléltetem a 12-15. ábrákon. A kategóriákra bontás általi kapcsolat erősödés véletlenszerű, nem köthető sem víztípushoz, sem élőlénycsoportokhoz.



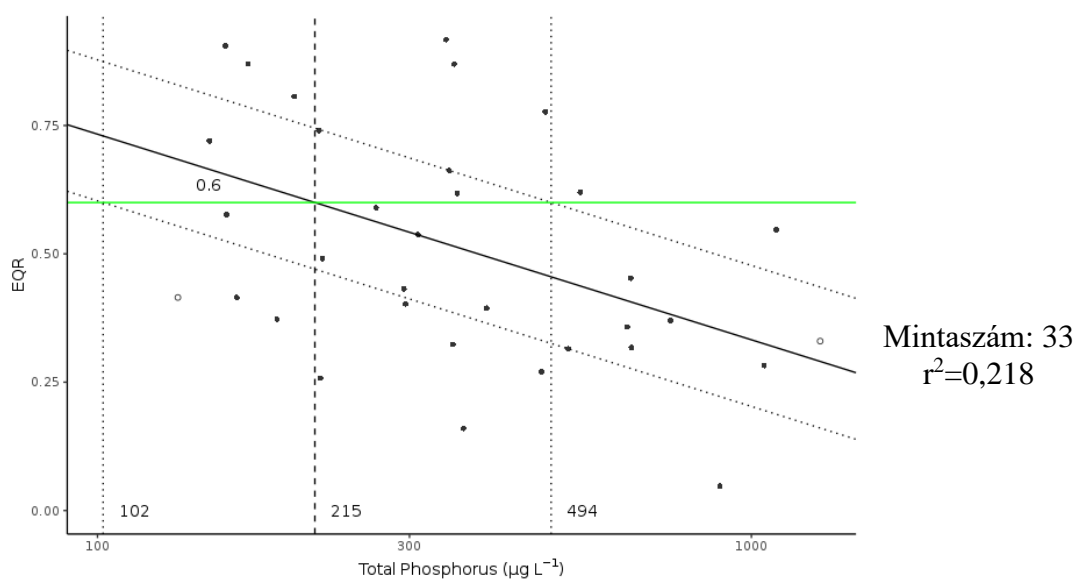
**12. ábra: Víztestre vonatkozó átlagértékek alapján történő elemzés**



**13. ábra: Az új adatbázis 2007-2012 közötti időszakra vonatkozó adataival történő elemzés**



**14. ábra: Új adatbázis 2007-2012 közötti időszakra vonatkozó adataival történő elemzés, kizárólag a természetes víztestek elemzése**

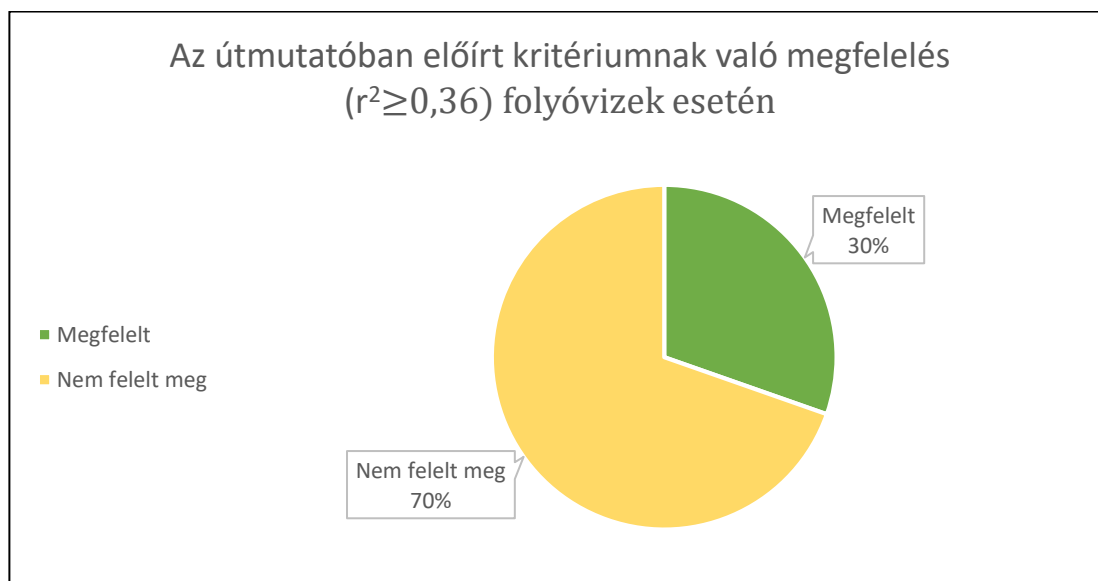


**15. ábra: Új adatbázis 2007-2012 közötti időszakra vonatkozó adataival történő elemzés, kizárólag az erősen módosított víztestek elemzése**

## 6. Következtetések és javaslatok

Az általam elkészített adatbázis az állóvizek esetében fennálló adathiányt kis mértékben javítani tudta, de az elemzések elvégzéséhez szükséges mintaszám továbbra is csak a 3. és az 5. állóvíztípus esetén állt rendelkezésre. Folyóvizek esetében a mintaszám kismértékben csökkent.

Az új adatbázissal történő elemzés során abban az esetben, amikor a természetes állapotú, erősen módosított és mesterséges víztesteket együtt vettem statisztikai vizsgálat alá, az  $r^2$  értéke lényegében nem változott a korábbi, víztestekre vonatkozó átlagértékekkel végzett vizsgálathoz képest. Azonban az egyes kategóriák szétválasztásával és külön elemzésével az alkalmazott statisztikai modellek által becsült határértékek egységesebbé váltak, az  $r^2$  értéke javult, de így is kevés esetben érte el az útmutatóban (Phillips et al., 2018a) előírányzott 0,36-os értéket.



**16. ábra: Az előírt kritériumnak való megfelelés**

A dolgozat 3. fejezetében bemutatott publikációkból kitűnik, hogy a szerzők jelentősen nagyobb mintaszámmal dolgoztak, valamint a biológia és a tápanyagok kapcsolata is sokkal erősebbnek mutatkozott, mint a magyarországi adatok esetén. A hazai EQR adatok nagy szórását okozhatja a víztestek nagymértékű terheltsége, azonban nem bizonyítható, hogy a szakirodalmi elemzésbe bevont víztestekre nem igaz ez az állítás.

A gyenge kapcsolat oka a monitoring rendszer hiányosságára, a mintavételezési módszerre és biológiai okokra vezethető vissza. A mintavételi helyek sok esetben nem reprezentatívak, a kémiai és biológia mintavétel sokszor nem ugyanazon a helyen történik, továbbá a mintavétel rendszertelen és ritka. A kapcsolat gyengeségének biológiai oka lehet a nem megfelelő élőlénycsoport választása az elemzéshez (fitoplankton nem jellemző élőlénycsoport a kisvízfolyásokban). Továbbá az állóvizek esetében kevésbé függ össze a tápanyagok és a biológia kapcsolata, ugyanis az állóvizekbe került foszfor és nitrogén növeli a víz trofitását. Míg a vízfolyásokban a

folyamatos vízmozgás miatt a meder átöblítődik, a víz cserélődik, addig az állóvizekben a trofitás foka folyamatosan növekszik, a tápanyagok az anyagforgalomban maradnak (*Dévai, szerk., 1998*). Az eredmények értelmében a jövőbeli elemzéseknél érdemes lehet a kisvízfolyások esetén fitobentosz, míg a többi típus esetében fitoplankton szempontú elemzést alkalmazni.

Az elemzés alapján 38 esetben tudtam javaslatot tenni határértékre. A javasolt határértékek számos esetben megerősítik a korábbi elemzés által javasolt és a VGT-ben alkalmazott határértékeket, azonban szigorúbb és enyhébb határértékre is született javaslat.

A javasolt határértékeket a 8. *táblázat* mutatja be. A táblázatban „NA” jelöléssel láttam el azokat a cellákat, melyekbe nem kerültek értékek vagy azért, mert nem kaptam kellő számú megoldást a kiértékeléshez, vagy a kapott érték valószínűtlennek bizonyult. A 2018-as elemzés során hidrológiai altípust is figyelembe véve tettem javaslatot a határértékekre, ezért a 8. *táblázatban* a vonatkozó cellákban minden esetben az adott típus hidrológiai altípusaira javasolt határértékek közül a szigorúbbat vettem figyelembe.

7. táblázat: Új eredmények összehasonlítása a korábbi elemzési eredményekkel

Víztest típusa	VGT szerint (2015)		2018-as elemzés eredménye		Új elemzési eredmények		
	Nitrogén	Foszfor	Nitrogén	Foszfor	Nitrogén	Foszfor	
Folyóvizek	1	3000	200	Szigorúbb határérték javasolható.	Szigorúbb határérték javasolható.	Adathiány miatt nem elemezhető.	Adathiány miatt nem elemezhető.
	2	4000	200	Szigorúbb határérték javasolható.	Szigorúbb határérték javasolható.	Adathiány miatt nem elemezhető.	Adathiány miatt nem elemezhető.
	3	5000	200	Szigorúbb határérték javasolható.	Enyhébb határérték javasolható.	Természetes vizek esetében határérték szigorítás, erősen módosított víztestek esetén határérték enyhítés javasolható.	Jelenlegi határérték megerősítése.
	4	5000	200	Szigorúbb határérték javasolható.	Enyhébb határérték javasolható.	Határérték szigorítás javasolható.	Jelenlegi határérték megerősítése.
	5	5000	250	Nem adható új határérték.	Szigorúbb határérték javasolható.	Adathiány miatt nem elemezhető.	Adathiány miatt nem elemezhető.
	6	5000	300	Nem adható új határérték.	Szigorúbb határérték javasolható.	Határérték enyhítés javasolható.	Erősen módosított víztestek esetén határérték szigorítás, természetes vizek esetén határérték enyhítés javasolható. Az összes kategória együttes elemzésével megerősíthető a jelenlegi határérték.
	7	5000	200	Szigorúbb határérték javasolható.	Enyhébb határérték javasolható.	Határérték szigorítás javasolható.	Határérték enyhítés javasolható.
	8	3000	150	Nem adható új határérték.	Nem adható új határérték.	Határérték szigorítás javasolható.	Határérték szigorítás javasolható.
	9	3000	150	Nem adható új határérték.	Nem adható új határérték.	Határérték szigorítás javasolható.	Határérték szigorítás javasolható.
	10	3000	150	Nem adható új határérték.	Nem adható új határérték.	Adathiány miatt nem elemezhető.	Adathiány miatt nem elemezhető.
Állóvizek	1	1500	150	Nem adható új határérték.	Nem adható új határérték.	Adathiány miatt nem elemezhető.	Adathiány miatt nem elemezhető.
	2	3000	150	Nem adható új határérték.	Nem adható új határérték.	Adathiány miatt nem elemezhető.	Adathiány miatt nem elemezhető.
	3	-	-	Nem adható új határérték.	Nem adható új határérték.	Adathiány miatt nem elemezhető.	Adathiány miatt nem elemezhető.
	4	2500	250	Nem adható új határérték.	Nem adható új határérték.	Adathiány miatt nem elemezhető.	Adathiány miatt nem elemezhető.
	5 (1)	2300	300	Szigorúbb határérték javasolható.	Nem adható új határérték.	Határérték enyhítés javasolható.	Határérték szigorítás javasolható.
	5 (2)	2000	400	Jelenlegi határérték megerősítése.	Nem adható új határérték.	Jelenlegi határérték megerősítése.	Határérték szigorítás javasolható.

Víztest típusa	VGT szerint (2015)		2018-as elemzés eredménye		Új elemzési eredmények			
	Nitrogén	Foszfor	Nitrogén	Foszfor	Nitrogén		Foszfor	
5 (3)	2000	200	Jelenlegi határérték megerősítése.	Nem adható új határérték.	Jelenlegi határérték megerősítése.		Jelenlegi határérték megerősítése.	
6	2000	200	Nem adható új határérték.	Nem adható új határérték.	Adathiány miatt nem elemezhető.		Adathiány miatt nem elemezhető.	
7	2000	200	Nem adható új határérték.	Nem adható új határérték.	Adathiány miatt nem elemezhető.		Adathiány miatt nem elemezhető.	
8	2000	400	Nem adható új határérték.	Nem adható új határérték.	Adathiány miatt nem elemezhető.		Adathiány miatt nem elemezhető.	

**8. táblázat: Az új elemzés eredményeként javasolható határértékek\***

Víztest típusa**	VGT szerint (2015)		2018-as elemzés eredménye		Új elemzési eredmények										
	Nitrogén	Foszfor	Nitrogén	Foszfor	Minden kategória		Erősen módosított		Erősen módosított + mesterséges		Mesterséges		Természetes		
					Nitrogén	Foszfor	Nitrogén	Foszfor	Nitrogén	Foszfor	Nitrogén	Foszfor	Nitrogén	Foszfor	
Folyóvíz	3	5000	200	4000	220	4000	220	NA	180	6000	200	NA	NA	4000	200
	4	5000	200	4000	240	3000	200	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	6	5000	300	NA	260	2500	300	NA	250	NA	260	2000	300	NA	350
	7	5000	200	3000	220	NA	NA	NA	210	2000	200	NA	NA	NA	NA
	8	3000	150	NA	NA	1700	160	1800	140	1800	140	NA	NA	NA	NA
	9	3000	150	NA	NA	2600	100	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Állóvíz	5(1)	2300	300	2000	NA	2000	200	2000	NA	2000	NA	NA	NA	NA	NA
	5(2)	2000	400	2000	NA	2000	200	2000	NA	2000	NA	NA	NA	NA	NA
	5(3)	2000	200	2000	NA	2000	200	2000	NA	2000	NA	NA	NA	NA	NA

\*„NA” jelölés jelentése: Nem adható határértékjavaslat ellentmondás vagy adathiány miatt.

\*\*Megjegyzés: az 5(1) típus a természetes tavakat és holtágakat, az 5(2) típus a tározókat, míg az 5(3) típus a bányatavakat jelöli.

Az eredményekről általánosan elmondható, hogy javaslattételre azoknál a víztest típusoknál volt lehetőség, melyekre nagyszámú monitoring adat állt rendelkezésre.

A dolgozat célja annak vizsgálata volt, hogy a víztestekre vonatkozó átlagértékek helyett monitoringpont szintű adatok elemzésével, valamint a víztestek kategóriák szerinti különbontásával pontosítható-e az elemzés. Az új adatbázis csak kismértékben tudta javítani az elemzés megbízhatóságát, és az elemzésbe bevonható víztestek számát, azonban a víztestek kategóriák szerinti szétválasztásával az elemzés pontosabbá és megbízhatóbbá vált, de a mintaszám jelentősen csökkent. Összességében tehát a minősítési rendszer továbbfejlesztésének kísérlete sikertelen volt, a dolgozat az adatok és a módszerek bizonytalanságára világított rá. A probléma fő oka az adatok bizonytalanságában rejlik, ezért elsősorban ennek javításával lehetne javítani az ökológiai minősítést. A javítás egy módja lehetne például a hibás monitoring adatok eltávolítása az elemzendő adatok közül, ezáltal az adatok szórásának csökkentése.

A kutatás további pontosítására adna lehetőséget, ha a biológiai adatok mintavételi időszakához igazodva a kémiai adatokból is csak a vegetációs időszak alatt vett monitoring eredmények kerülnének összepárosításra, ezzel kiemelve a rövidtávú hatásokra adott válaszokat.



## Köszönetnyilvánítás

Szeretnék köszönetet mondani témavezetőmnek, Dr. Clement Adrienne-nek, amiért támogatott az Új Nemzeti Kiválóság Program ösztöndíj megpályázásában, tanácsaival segítette munkámat és motivált a kutatás folytatásában. Továbbá köszönöm Dr. Várbíró Gábornak, hogy rendelkezésemre bocsátotta a kutatáshoz szükséges biológiai vízmintavételi adatokat.

## 7. Irodalomjegyzék

Bondar-Kunze, E., Maier, S., Schönauer, D., Bahl, N., & Hein, T. (2016): Antagonistic and synergistic effects on a stream periphyton community under the influence of pulsed flow velocity increase and nutrient enrichment. *Science of the Total Environment*, 573, 594-602.

Borics, G. (2015): Felszíni vizek fitoplankton alapú ökológiai állapotértékelése. MTA ÖK Duna-kutató Intézet Tisza-kutató Osztály, Debrecen

Clement, A.; Kardos, M. K.; Szilágyi, F. (2015): Felszíni vizek minősítése az ökológiát támogató fizikai-kémiai jellemzők szerint – az állapotértékelés tanulságai az intézkedési programok tervezése szempontjából. A Magyar Hidrológiai Társaság XXXIII. Országos Vándorgyűlésének kiadványa

Cloern, J. E. (1987): Turbidity as a control on phytoplankton biomass and productivity in estuaries. *Continental shelf research*, 7(11-12), 1367-1381.

Connell, J.H. (1978): Diversity in tropical rainforests and coral reefs. *Science* 199, 1302–1310.

Cyr, H. (2017): Winds and the distribution of nearshore phytoplankton in a stratified lake. *Water Research*, 122, 114-127.

Dévai, Gy., szerk. (1998): A vízi és a vizes élőhelyek sajátosságai és tipológiája. Oktatási segédanyag. KLTE Ökológiai Tanszéke, Hidrobiológiai Részleg, Debrecen

Dinya, E., Füst, Gy., Prohászka Z. (2013): Biostatisztika a klinikumban. Második kiadás. Semmelweis Kiadó, Budapest. 1-191.

Dolman, A.M., Mischke, U., Wiedner, C. (2016): Lake-type-specific seasonal patterns of nutrient limitation in German lakes, with target nitrogen and phosphorus concentrations for good ecological status. *Freshwater Biology*. 61(4), 444–456.

Downes, B.J. (2010): Back to the future: little-used tools and principles of scientific inference can help disentangle effects of multiple stressors on freshwater ecosystems. *Freshwater Biology*. 55 (Suppl. 1), 60–79.

D. Vinebrooke, R., L. Cottingham, K., Norberg, Marten Scheffer, J., I. Dodson, S., C. Maberly, S., Sommer, U. (2004): Impacts of multiple stressors on biodiversity and ecosystem functioning: The role of species co-tolerance. *Oikos*, 104(3), 451-457.

Európai Parlament és a Tanács 2000/60/EK irányelve (2000. október 23.) a vízpolitika terén a közösségi fellépés kereteinek meghatározásáról

European Commission, Working Group 2.3 (2003): Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive (2000/60/EC), Guidance Document No. 10., River and lakes – Typology, reference conditions and classification system

Felföldy, L. (1987): A biológiai vízminősítés. 4. javított és bővített kiadás. *Vízügyi Hidrobiológia* 16., Vízgazdálkodási Intézet. Budapest. 1–259.

Freedman, D., Pisani, R., Purves, R. (2005): *Statisztika*. Typotex kiadó, Budapest

Fujiwara, A., Nishino, S., Matsuno, K., Onodera, J., Kawaguchi, Y., Hirawake, T., Suzuki, K., Inoue, J., Kikuchi, T. (2018): Changes in phytoplankton community structure during wind induced fall bloom on the central Chukchi shelf. *Polar Biology*. 41(6), 1279-1295.

Hecky, R.E., Kilham, P. (1988): Nutrient limitation of phytoplankton in freshwater and marine environments - a review of recent-evidence on the effects of enrichment. *Limnology and Oceanography*. 33, 796–822.

Hutchinson, T. C. (1973): Comparative studies of the toxicity of heavy metals to phytoplankton and their synergistic interactions. *Water Quality Research Journal*. 8(1), 68-90.

Legendre, P., Legendre, L. (1998): Numerical Ecology. *Developments in Environmental Modelling*. 20, 502.

Somlyódy, L., szerk. (2011): Magyarország vízgazdálkodása: helyzetkép és stratégiai feladatok. *Köztisztületi Stratégiai Programok*. Magyar Tudományos Akadémia, Budapest

Striebel, M., Schabhüttl, S., Hodapp, D., Hingsamer, P., Hillebrand, H. (2016): Phytoplankton responses to temperature increases are constrained by abiotic conditions and community composition. *Oecologia*. 182(3), 815-827.

Országos Környezetvédelmi Információs Rendszer Adatbázisa

Országos Vízügyi Főigazgatóság adatbázisa

Országos Vízügyi Főigazgatóság (2016): A Duna-vízgyűjtő magyarországi része, *Vízgyűjtő-gazdálkodási Terv – 2015*

Phillips, G., Birk, S., Kelly, M., Willby, N., Poikane, S. (2018b): The use of pressure-response relationships between nutrients and biological quality elements: A method for establishing nutrient supporting element boundary values

for the Water Framework Directive. EUR 29499 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg

Phillips, G., Kelly, M., Teixeira, H., Salas, F., Free, G., Leujak, W., Solheim, A. L., Várbíró, G., Poikane, S. (2018a): Best practice for establishing nutrient concentrations to support good ecological status. In Technical Report EUR 29329 EN (p. 142). Publications Office of the European Union Luxembourg.

Phillips G., Pietiläinen O.-P., Carvalho L., Solimini A., Solheim A.L. & Cardoso A.C. (2008): Chlorophyll–nutrient relationships of different lake types using a large European dataset. *Aquatic Ecology*, 42, 213–226.

Poikane, S., Kelly, M. G., Herrero F.S., Pitt, J., Jarvie, H. P., Claussen, U., Leujak, W., Solheim, A. L., Teixeira, H., Phillips, G. (2019b): Nutrient Criteria for surface waters under the European Water Framework Directive: Current state-of-the-art, challenges and future outlook, *Science of the Total Environment*. 695, 133888.

Poikane, S., Phillips, G., Birk, S., Free, G., Kelly, M. G., Willby, N. J. (2019a): Deriving nutrient criteria to support 'good' ecological status in European lakes: An empirically based approach to linking ecology. *Science of The Total Environment*. 650. part 2., 2074-2084.

Rasconi, S., Gall, A., Winter, K., Kainz, M. J. (2015): Increasing Water Temperature Triggers Dominance of Small Freshwater Plankton. *PLoS One*. 10(10), e0140449.

van de Bund, W.; G. Solimini, A. (2007): Ecological Quality Ratios for Ecological Quality in Inland and Marine Waters

Várbíró, G., Padisák, J., Nagy-László, Z., Abonyi, A., Stanković, I., Udovič, M. G., B-Béres, V., Borics, G. (2018): How length of light exposure shapes the development of riverine algal biomass in temperate rivers? *Hydrobiologia*, 809(1), 53-63.

Yvon-Durocher, G., Schaum, C. E., Trimmer, M. (2017): The temperature dependence of phytoplankton stoichiometry: investigating the roles of species sorting and local adaptation. *Frontiers in microbiology*. 8, 2003.

## 8. Mellékletek

1. táblázat: Eredmények (2007-2012, fitobentosz) – folyóvíz

Vizsgált időszak: 2007-2012											
Vizsgált élőlénycsoport: fitobentosz											
	Víz- test típusa	Tápanyag	R <sup>2</sup>	Minta- szám	Lineáris	OLS EQR ON NUT	OLS NUT ON EQR	RMA	Mis- match kiváló- jó	Mismatch jó- mérésékelt	
mind	2S- 2M	N	0.462	8	3589	5480	4014	5334	NA	NA	
		P	0.373	9	140.5	246	148	231	NA	NA	
	3M	N	0.302	23	7829.6	8731	7110	7669	NA	530	
		P	0.328	26	403.6	545	356	449	NA	NA	
	3S	N	0.272	33	5479	4535	4277	4382	2313	NA	
		P	0.544	33	428	222	214	218	NA	NA	
	3S- 3M	N	0.211	60	6201.1	6453	5129	5401	2927	NA	
		P	0.342	61	406.9	318	258	277	111	NA	
	4L	N	0.274	8	4340.6	2607	3749	2718	NA	NA	
		P	0.239	10	236.9	64	169	70	NA	NA	
	6M	N	0.168	115	3758.9	1311	2260	1686	856	1483	
		P	0.367	116	757.6	255	346	289	115	220	
	6S	N	0.339	23	6595.5	4283	3691	4029	NA	1715	
		P	0.317	33	743.2	322	299	310	NA	220	
	7L	N	0.339	25	2649.8	6668	3272	6313	NA	NA	
		P	0.556	26	351	945	522	904	NA	NA	
	8N	N	0.149	17	1681.9	13504	2170	12120	NA	NA	
		P	0.23	17	142.9	535	189	511	NA	NA	
	9F- 9K	N	0.172	7	2462	2005	2349	2015	NA	NA	
		P	0.762	9	131.2	132	131	132	NA	NA	
erősen módosított	3S	N	0.647	11	5173.8	4899	4547	4769	NA	NA	
		P	0.624	12	247	240	209	231	NA	NA	
	3S- 3M	N	0.479	20	7227.2	6918	5913	6229	NA	NA	
		P	0.473	20	325	290	239	260	NA	NA	
	6M	N	0.083	79	3718.7	585	2307	1129	780	1345	
		P	0.251	79	754.8	167	359	218	NA	215	
	6S- 6M	N	0.142	84	3686.9	645	2100	1007	NA	1270	
		P	0.31	86	729.8	206	353	255	NA	220	
	7L	N	0.361	16	2508.4	4619	2931	4502	NA	NA	
		P	0.468	18	386.1	892	494	852	NA	NA	
	8N	N	0.124	12	1764.4	33249	2365	30105	NA	NA	
		P	0.362	10	149.3	686	253	670	NA	NA	
	erősen módosított + mesterséges	3M	N	0.414	9	6087.1	6963	6052	6457	NA	NA
			P	0.393	10	399	335	284	305	NA	NA
3S		N	0.452	12	5382.2	6001	4930	5550	NA	NA	
		P	0.624	12	247	240	209	231	NA	NA	

Vizsgált időszak: 2007-2012											
Vizsgált élőlénycsoport: fitobentosz											
	Víz- test típusa	Tápanyag	R <sup>2</sup>	Minta- szám	Lineáris	OLS EQR ON NUT	OLS NUT ON EQR	RMA	Mis- match kiváló- jó	Mismatch jó- mérésékelt	
	3S- 3M	N	0.432	22	7077.4	6909	5854	6159	NA	NA	
		P	0.483	22	316.1	283	237	256	NA	NA	
	6M	N	0.21	107	3831	1054	2105	1386	820	1315	
		P	0.323	109	782.4	206	335	252	NA	200	
	6S- 6M	N	0.156	135	3995	1257	2210	1780	870	1420	
		P	0.326	135	794.8	224	330	273	105	210	
	6S	N	0.256	21	5611.7	3089	2752	2919	NA	1620	
		P	0.304	26	846.5	327	316	322	NA	NA	
	7L	N	0.336	24	2683.1	6633	3273	6291	NA	NA	
		P	0.52	26	365.2	789	464	752	NA	NA	
	8N	N	0.119	11	1796.9	54379	2503	49896	NA	NA	
		P	0.362	10	149.3	686	253	670	NA	NA	
	9F- 9K	N	0.036	8	2765.5	2039	2702	2102	NA	2770	
		P	0.022	9	120.9	63	117	68	NA	NA	
	mesterséges	6M	N	0.37	29	3404.8	2064	2151	2096	NA	1582
			P	0.423	30	855.2	288	312	296	NA	199
		6S- 6M	N	0.27	47	4696.8	2244	2341	2296	NA	1765
			P	0.394	47	939.2	308	320	314	105	200
6S		N	0.318	14	6751.2	3507	3119	3299	NA	NA	
		P	0.353	17	1087.5	353	335	345	NA	NA	
természetes	3M	N	0.287	14	5277.1	6972	5467	6616	NA	NA	
		P	0.156	13	466.1	695	422	629	NA	NA	
	3S	N	0.515	19	5345.9	2828	3322	2953	NA	NA	
		P	0.494	21	531.4	198	214	204	NA	NA	
	3S- 3M	N	0.282	33	5692.6	4749	4698	4730	2350	NA	
		P	0.311	36	491.2	360	303	329	105	160	
	6S- 6M	N	0.258	11	4656.7	7329	3671	6219	NA	NA	
		P	0.448	15	311.5	348	274	323	NA	NA	

## 2. táblázat: Eredmények (2007-2012, fitoplankton) - folyóvíz

Vizsgált időszak: 2007-2012										
Vizsgált élőlénycsoport: fitoplankton										
	Víztest típusa	Tápanyag	R <sup>2</sup>	Mintaszám	Lineáris	OLS EQR ON NUT	OLS NUT ON EQR	RMA	Mis- match kiváló- jó	Mismatch jó- mérésékelt
mind	2S	N	0.566	13	5336.7	8894	6463	8115	NA	NA
		P	0.423	14	469.7	639	396	525	203	NA
	2S-2M	N	0.629	14	5480.1	9268	7127	8593	NA	NA
		P	0.212	14	276.2	2163	334	1422	211	NA
	3M	N	0.008	51	4408.3	250	3770	3440	2250	2785
		P	0.102	50	314.3	90	223	198	136	189

Vizsgált időszak: 2007-2012										
Vizsgált élőlénycsoport: fitoplankton										
	Víztest típusa	Tápanyag	R <sup>2</sup>	Mintaszám	Lineáris	OLS EQR ON NUT	OLS NUT ON EQR	RMA	Mismatch kiváló-jó	Mismatch jó-mérsékelt
	3S	N	0.018	140	4969.5	413	3929	3436	1967	2964
		P	0.086	142	320.8	65	202	193	126	175
	3S-3M	N	0.014	196	4876.8	320	3898	3555	2028	2961
		P	0.052	200	329.9	44	213	205	125	178
	4L	N	0.276	23	3068.9	2914	2954	2945	NA	NA
		P	0.287	21	219.1	199	205	203	NA	207
	5S-5M	N	0.111	11	4268.1	1782	3335	2523	NA	NA
		P	0.22	9	202.6	100	160	127	NA	NA
	6M	N	0.013	208	3917.5	22	2703	2365	901	1621
		P	0.039	209	677.9	13	354	265	99	206
	6S	N	0.028	107	4883.5	814	2931	2777	1355	2270
		P	0.154	105	449.5	185	299	268	130	218
	6S-6M	N	0.014	317	4097.2	80	2783	2616	1070	1850
		P	0.069	318	594.6	51	321	272	110	215
	7L	N	0.383	42	3094.1	1842	2321	2072	1215	2255
		P	0.324	40	375.6	186	252	218	NA	215
	8N	N	0.146	27	1817.5	1996	1797	1894	NA	1536
		P	0.203	27	165.8	172	160	168	NA	142
	9F	N	0.726	12	2360.7	2534	2480	2526	NA	NA
		P	0.604	12	117.2	115	115	115	NA	109.4
9F-9K	N	0.569	17	2465.1	2648	2559	2636	NA	2690	
	P	0.337	18	121.3	119	119	119	NA	110	
erősen módosított	3M	N	0.027	16	3632.3	4737	3602	9503	NA	NA
		P	0.223	22	267.2	117	209	177	NA	NA
	3S	N	0.023	58	4455.3	94	3499	2554	NA	2187
		P	0.145	64	339.8	46	183	171	NA	171
	3S-3M	N	0.013	77	3997.4	58	3365	2519	NA	2270
		P	0.082	90	336.8	29	200	188	NA	172
	6M	N	0.016	118	4030.7	32	2970	1717	NA	1756
		P	0.032	124	709.7	7	419	305	NA	245
	6S	N	0.134	36	4778.6	1074	2753	2380	NA	2235
		P	0.218	33	441	215	326	274	NA	NA
	6S-6M	N	0.013	165	4189.5	13	2847	2543	865	1715
		P	0.029	165	685.7	8	403	313	130	237
	7L	N	0.374	24	3029	1587	2236	1797	NA	NA
		P	0.293	27	441.4	199	310	264	NA	NA
	8N	N	0.206	20	1735.2	1695	1677	1685	NA	1500
		P	0.368	19	142.6	144	141	143	NA	NA
	9F	N	0.786	7	2415	2437	2429	2436	NA	NA
		P	0.637	9	126.8	110	115	111	NA	NA
	9F-9K	N	0.402	12	2540.3	2607	2558	2600	NA	NA

Vizsgált időszak: 2007-2012

Vizsgált élőlénycsoport: fitoplankton

	Víztest típusa	Tápanyag	R <sup>2</sup>	Mintaszám	Lineáris	OLS EQR ON NUT	OLS NUT ON EQR	RMA	Mismatch kiváló-jó	Mismatch jó-mérsékelt
		P	0.578	14	117.5	100	110	108	NA	NA
erősen módosított + mesterséges	3M	N	0.409	13	4394.1	3514	3960	3727	NA	NA
		P	0.208	23	246.3	104	195	165	NA	NA
	3S	N	0.002	65	5038.6	3.12E+09	4123	4232	1687	3602
		P	0.142	65	339.1	46	185	172	NA	172
	3S-3M	N	0.005	89	4743.2	3342750	4144	4592	1702	2430
		P	0.082	93	333.4	28	199	187	NA	172
	6M	N	0.028	181	3829.5	62	2513	2003	820	1564
		P	0.045	182	708.2	9	347	221	95	197
	6S	N	0.052	79	3501.2	827	2451	2310	1200	1910
		P	0.115	79	466.5	136	311	257	128	NA
	6S-6M	N	0.039	263	3738.6	205	2473	2237	918	1670
		P	0.064	263	628.1	29	324	255	100	190
	7L	N	0.485	39	3093.5	1745	2166	1943	NA	NA
		P	0.396	39	382.5	164	236	205	NA	207
	8N	N	0.206	20	1735.2	1695	1677	1685	NA	1495
		P	0.368	19	142.6	144	141	143	NA	NA
	9F	N	0.323	9	2370.1	2201	2308	2239	NA	NA
		P	0.637	9	126.8	110	115	111	NA	NA
	9F-9K	N	0.402	12	2540.3	2607	2558	2600	NA	NA
		P	0.323	14	122.7	111	117	113	NA	110
mesterséges	6M	N	0.225	50	2692.7	882	1742	1454	NA	NA
		P	0.129	51	613.9	32	212	124	NA	115
	6S	N	0.017	41	2511.1	814	2180	1600	1160	1890
		P	0.201	41	483.3	197	309	261	98	NA
	6S-6M	N	0.111	96	2997.3	833	2046	1876	943	1620
		P	0.117	96	536.6	67	245	190	97	146
	7L	N	0.929	11	2675.6	1588	1616	1599	NA	NA
		P	0.84	11	258.4	137	144	140	NA	NA
természetes	2S	N	0.572	12	5587.8	8892	6657	8142	NA	NA
		P	0.421	12	487.9	905	463	719	NA	213
	2S-2M	N	0.506	14	5407.1	10355	7370	9032	NA	NA
		P	0.226	13	290.1	1958	353	1300	NA	NA
	3M	N	0.191	25	5649.6	4427	4659	4570	NA	NA
		P	0.168	25	342.5	175	231	212	140	210
	3S	N	0.111	75	5004.4	2611	3910	3509	NA	3178
		P	0.092	71	262.4	154	206	199	NA	179
	3S-3M	N	0.093	105	5024.5	2712	3929	3604	2456	3351
		P	0.065	101	301.9	127	219	207	143	180
	4L	N	0.259	12	2833.2	5953	3350	5207	NA	NA
		P	0.295	10	186.6	253	198	242	NA	NA

Vizsgált időszak: 2007-2012										
Vizsgált élőlénycsoport: fitoplankton										
	Víztest típusa	Tápanyag	R <sup>2</sup>	Mintaszám	Lineáris	OLS EQR ON NUT	OLS NUT ON EQR	RMA	Mismatch kiváló-jó	Mismatch jó-mérsékelt
	6M	N	0.019	15	5592.9	5028	4964	5002	NA	3060
		P	0.058	24	524.8	745	411	588	NA	NA
	6S	N	0.258	25	6912.3	6015	5334	5586	2930	5241
		P	0.242	24	424.4	329	307	314	146	NA
	6S-6M	N	0.051	45	5948.3	3812	4385	4118	1415	NA
		P	0.106	44	511.6	404	391	395	149	295
	8N	N	0.144	9	1762.9	1923	1766	1907	NA	NA
		P	0.385	10	221	266	225	261	NA	NA

### 3. táblázat: táblázat: Eredmények (2013-2017, fitobentosz) - folyóvíz

Vizsgált időszak: 2013-2017										
Vizsgált élőlénycsoport: fitobentosz										
	Víztest típusa	Tápanyag	R <sup>2</sup>	Mintaszám	Lineáris	OLS EQR ON NUT	OLS NUT ON EQR	RMA	Mismatch kiváló-jó	Mismatch jó-mérsékelt
mind	1S	N	0.438	5	1233.6	1433	1303	1442	NA	NA
		P	0.244	4	113.1	94	102	94	NA	NA
	2S	N	0.536	5	3074.3	1950	2284	1973	NA	NA
		P	0.506	5	215.1	259	229	256	NA	NA
	3M	N	0.404	19	5068.8	4699	4745	4714	NA	2456
		P	0.288	23	442.1	313	331	320	NA	255
	3S	N	0.101	18	5509.9	4767	4978	4839	NA	3280
		P	0.33	19	339	243	260	249	NA	223
	3S-3M	N	0.109	41	5003.8	4108	4506	4238	2430	3273
		P	0.258	44	398.7	268	293	279	NA	227
	4L	N	0.377	7	2779.7	1070	1912	1120	NA	NA
		P	0.155	6	234	125	212	129	NA	NA
	6M	N	0.212	57	2961.2	1074	2007	1385	NA	1250
		P	0.382	65	664.4	212	335	242	102	170
	6S	N	0.254	20	2019	1539	1632	1569	NA	NA
		P	0.535	21	463.1	328	293	313	NA	NA
	6S-6M	N	0.134	85	2728.4	1112	1963	1450	857	1470
		P	0.42	87	609.8	249	321	273	105	198
	7L	N	0.56	20	1888.8	3843	2661	3753	NA	NA
		P	0.618	21	269.2	675	398	639	NA	NA
	8N	N	0.179	5	1369.3	1919	1452	1907	NA	NA
		P	0.222	6	133.2	215	147	213	NA	NA
	9F	N	0.445	5	2281.2	2170	2230	2180	NA	NA
		P	0.67	6	77.8	86	83	85	NA	NA
	9F-9K	N	0.334	5	2211.1	2062	2166	2075	NA	NA
		P	0.67	6	77.8	86	83	85	NA	NA



Vizsgált időszak: 2013-2017											
Vizsgált élőlénycsoport: fitobentosz											
	Víztest típusa	Tápanyag	R <sup>2</sup>	Mintaszám	Lineáris	OLS EQR ON NUT	OLS NUT ON EQR	RMA	Mismatch kiváló-jó	Mismatch jó-mérsékelt	
erősen módosított	3S-3M	N	0.319	11	6144.3	6315	5911	6161	2885	NA	
		P	0.439	12	552.9	439	396	426	NA	NA	
	6M	N	0.241	39	2932.2	689	1819	894	NA	1110	
		P	0.397	41	768.5	162	340	186	NA	160	
	6S-6M	N	0.302	50	2708.8	859	1672	1068	NA	12.7	
		P	0.355	51	756.5	166	344	197	NA	12.3	
	7L	N	0.717	12	2328.7	3691	3138	3663	NA	NA	
		P	0.752	13	374.2	601	488	591	NA	NA	
	erősen módosított + mesterséges	3S-3M	N	0.309	12	6606.3	6597	6237	6479	NA	NA
			P	0.439	13	552.9	439	396	426	NA	NA
6M		N	0.246	60	2868.8	949	1817	1239	NA	1120	
		P	0.366	60	693.1	184	330	213	NA	140	
6S		N	0.266	18	2093.7	1620	1683	1640	NA	NA	
		P	0.174	17	330.6	261	244	255	NA	NA	
6S-6M		N	0.269	78	2689.9	1170	1800	1412	805	1300	
		P	0.338	78	606.1	196	310	224		155	
7L		N	0.595	19	1911.1	3759	2713	3689	NA	NA	
		P	0.362	22	285.8	856	323	757	NA	NA	
mesterséges	6M	N	0.319	16	3193.4	1780	2078	1911	1100	NA	
		P	0.417	17	535.3	260	287	269	NA	NA	
	6S-6M	N	0.224	27	2625.4	1641	1811	1729	NA	1380	
		P	0.484	25	444	271	267	270	NA	NA	
természetes	3S-3M	N	0.187	27	4532.2	3679	4118	3795	NA	3237	
		P	0.15	31	308.9	176	244	199	NA	187	
	3S	N	0.264	13	4829.6	2701	3796	2907	NA	NA	
		P	0.546	15	358	197	232	207	NA	NA	
	3M	N	0.056	9	4372.4	2178	4106	2249	NA	NA	
		P	0.051	14	309.9	239	287	246	NA	NA	

#### 4. táblázat: Eredmények (2013-2017, fitoplankton) - folyóvíz

Vizsgált időszak: 2013-2017 Vizsgált élőlénycsoport: fitoplankton										
	Víztest típusa	Tápanyag	R <sup>2</sup>	Mintaszám	Lineáris	OLS EQR ON NUT	OLS NUT ON EQR	RMA	Mismatch kiváló-jó	Mismatch jó-mérsékelt
mind	1S	N	0.162	9	2033.6	35006	2907	25914	NA	NA
		P	0.483	11	136.2	651	264	590	NA	NA
	2S-2M	N	0.605	8	3905.1	8730	6183	8342	NA	NA
		P	0.613	9	451.8	2035	961	1815	NA	258
	3M	N	0.238	28	3968.2	2841	3507	3280	NA	3115
		P	0.236	25	282.6	174	235	218	NA	236
	3S	N	0.007	75	4440.2	11237	4019	4346	2075	3736
		P	0.034	90	41.8	13	31	30	16	43
	3S-3M	N	0.001	118	4111.4	99	3587	3497	1990	2485
		P	0.055	117	58.2	15	42	40	16.4	54
	4L	N	0.272	25	2824.2	2807	2716	2773	NA	2968
		P	0.029	19	13.4	11	11	11	NA	NA
	6M	N	0.004	131	3008.6	463084	2461	2767	1068	1710
		P	0.003	135	652.1	0	389	365	128	220
	6S	N	0.013	53	3366.5	6080	2359	2446	1428	2950
		P	0.215	56	485.8	344	309	317	170	374
	6S-6M	N	0.002	191	3165	13	2342	2319	1180	1870
		P	0.024	193	613.9	48	354	310	137	260
	7L	N	0.379	33	2764.8	2055	2223	2127	NA	NA
		P	0.351	34	362	176	211	190	NA	202
8N	N	0.029	25	1559.2	1645	1512	1564	1100	1515	
	P	0.158	24	131.3	130	129	130	NA	NA	
9F-9K	N	0.169	9	2386.6	3611	2526	3519	NA	NA	
	P	0.213	8	105.9	293	130	276	NA	NA	
erősen módosított	3M	N	0.504	10	3778.7	3016	3320	3183	NA	NA
		P	0.105	8	288.6	119	245	167	NA	NA
	3S	N	0.026	26	3676.9	528	3226	2207	NA	3081
		P	0.021	32	15.7		11	10	NA	NA
	3S-3M	N	0.025	40	3483.6	384	3000	2679	NA	3035
		P	0.047	44	22.5	1	15	13	NA	NA
	6M	N	0.02	74	39.9	43	28	21	NA	22
		P	0.011	71	490.3	17	390	283	178	266
	6S	N	0.066	14	1954.2	591	1625	1386	NA	NA
		P	0.291	13	468.2	260	345	307	NA	NA
	6S-6M	N	0.042	90	46.9	2	32	26	4.4	30
		P	0.026	97	694	38	449	385	173	294
	7L	N	0.208	21	2941.4	1674	2401	1976	NA	NA
		P	0.441	22	412.3	175	239	202	NA	NA
	8N	N	0.352	14	1691.8	1893	1724	1835	NA	1680
		P	0.546	15	137.6	143	140	142	NA	NA

Vizsgált időszak: 2013-2017  
 Vizsgált élőlénycsoport: fitoplankton

	Víztest típusa	Tápanyag	R <sup>2</sup>	Mintaszám	Lineáris	OLS EQR ON NUT	OLS NUT ON EQR	RMA	Mismatch kiváló-jó	Mismatch jó-mérsékelt
erősen módosított + mesterséges	3M	N	0.504	10	3778.7	3016	3320	3183	NA	NA
		P	0.011	10	258.2	26	236	176	NA	NA
	3S	N	0.005	19	3293.3	61	2963	2177	NA	2700
		P	0.26	21	228.1	91	165	134	NA	NA
	3S-3M	N	0.024	31	3357.5	611	2993	2440	NA	2760
		P	0.112	32	242.6	77	195	172	86	NA
	6M	N	0.009	107	2945.4	15	2191	2064	842	1503
		P	0.011	107	698.4	2	417	166	100	210
	6S	N	0.03	39	2236.6	1064	1859	1787	1125	NA
		P	0.372	37	405.5	243	263	256	NA	NA
	6S-6M	N	0.004	154	3184.1	9	2323	2275	1020	1750
		P	0.047	150	657.1	48	362	277	119	220
	7L	N	0.38	29	2698.1	1942	2131	2024	NA	NA
		P	0.421	30	326.6	162	191	175	NA	187
	8N	N	0.352	14	1691.8	1893	1724	1835	NA	1680
		P	0.546	15	137.6	143	140	142	NA	NA
mesterséges	6M	N	0.006	34	3167.5	0	2089	1151	NA	1092
		P	0.073	30	751.7	56	344	117	NA	164
	6S	N	0.029	23	2303.3	2449	1901	1982	1304	2450
		P	0.391	23	383.1	254	244	247	NA	NA
	6S-6M	N	0.016	60	2877.3	283	2056	1966	1025	1708
		P	0.046	61	534	45	261	205	102	167
természetes	1S	N	0.213	8	1574.7	100	837	119	NA	NA
		P	0.414	10	144.4	255	718	637	NA	NA
	2S-2M	N	0.321	9	3725	11009	5016	9938	NA	NA
		P	0.613	9	451.8	2035	961	1815	NA	257
	3M	N	0.14	19	3961.3	2564	3484	3031	NA	NA
		P	0.292	17	279.8	192	315	220	NA	NA
	3S	N	0.043	52	4474.6	12362	4001	7652	2571	4734
		P	0.079	52	24.8	30	20	23	11.3	28.3
	3S-3M	N	0.029	72	4213.4	5420	3736	4256	2418	4240
		P	0.025	74	36.9	58	30	36	18.7	42
	4L	N	0.349	16	2674	3665	2889	3492	NA	NA
		P	0.07	12	10.2	29	10	26	NA	NA
	6M	N	0.173	11	2071	1921	2094	1974	NA	NA
		P	0.151	17	320	291	352	315	NA	NA
	6S	N	0.032	15	3627.3	37077	3136	14625	NA	NA
		P	0.121	16	508.6	2615	439	1288	312	NA
	6S-6M	N	0.009	31	3009.6	13	2345	53	1858	NA
		P	0.029	35	404.7	2832	320	614	258	446

Vizsgált időszak: 2013-2017										
Vizsgált élőlénycsoport: fitoplankton										
	Víztest típusa	Tápanyag	R <sup>2</sup>	Mintaszám	Lineáris	OLS EQR ON NUT	OLS NUT ON EQR	RMA	Mismatch kiváló-jó	Mismatch jó-mérsékelt
	8N	N	0.261	9	1252	1004	1168	1044	NA	NA
		P	0.236	8	100.1	88	94	84	NA	NA

**5. táblázat: Eredmények (2007-2012, fitobentosz) - állóvíz**

Vizsgált Időszak: 2007-2012										
Vizsgált élőlénycsoport: fitobentosz										
	Víztest típusa	Tápanyag	R <sup>2</sup>	Mintaszám	Lineáris	OLS EQR ON NUT	OLS NUT ON EQR	RMA	Mismatch kiváló-jó	Mismatch jó-mérsékelt
mind	3	N	0.514	11	8720.2	1441	3290	2155	NA	NA
		P	0.807	9	2623.1	23	51	31	NA	NA
	5	N	0.059	20	2609.1	2858	2234	2463	NA	NA
		P	0.101	20	262.4	243	224	237	NA	221
erősen módosított	5	N	0.075	17	2119.9	2320	2026	2172	NA	NA
		P	0.079	18	308.6	341	270	314	NA	230
erősen módosított + mesterséges	5	N	0.063	17	2891	3968	2494	3041	1638	1815
		P	0.183	17	289.3	271	255	265	NA	229
természetes	3	N	0.41	9	8955.2	992	3462	1639	NA	NA
		P	0.779	9	3432.7	23	62	32	NA	NA

**6. táblázat: Eredmények (2007-2012, fitoplankton) - állóvíz**

Vizsgált Időszak: 2007-2012										
Vizsgált élőlénycsoport: fitoplankton										
	Víztest típusa	Tápanyag	R <sup>2</sup>	Mintaszám	Lineáris	OLS EQR ON NUT	OLS NUT ON EQR	RMA	Mismatch kiváló-jó	Mismatch jó-mérsékelt
mind	5	N	0.144	44	1891.2	3249	1865	2417	NA	NA
		P	0.141	46	240.5	457	216	326	NA	240

Vizsgált Időszak: 2007-2012										
Vizsgált élőlénycsoport: fitoplankton										
	Víztest típusa	Tápanyag	R <sup>2</sup>	Mintaszám	Lineáris	OLS EQR ON NUT	OLS NUT ON EQR	RMA	Mismatch kiváló-jó	Mismatch jó-mérsékelt
erősen módosított	5	N	0.135	40	1916.8	3903	1917	2866	NA	2060
		P	0.169	42	251.3	513	235	387	147	NA
erősen módosított + mesterséges	5	N	0.125	40	1916.8	3903	1917	2866	NA	2079
		P	0.169	42	251.3	513	235	387	147	NA

**7. táblázat: Eredmények (2013-2017, fitobentosz) - állóvíz**

Vizsgált Időszak: 2013-2017										
Vizsgált élőlénycsoport: fitobentosz										
	Víztest típusa	Tápanyag	R <sup>2</sup>	Mintaszám	Lineáris	OLS EQR ON NUT	OLS NUT ON EQR	RMA	Mismatch kiváló-jó	Mismatch jó-mérsékelt
mind	5	N	0.293	12	1939.9	785	1368	893	NA	NA
		P	0.457	11	209.7	115	153	121	NA	NA
erősen módosított	5	N	0.545	10	1938.6	661	1015	709	NA	NA
		P	0.359	10	218.9	94	155	104	NA	NA

**8. táblázat: Eredmények (2013-2017, fitoplankton) - állóvíz**

Vizsgált Időszak: 2013-2017										
Vizsgált élőlénycsoport: fitoplankton										
	Víztest típusa	Tápanyag	R <sup>2</sup>	Mintaszám	Lineáris	OLS EQR ON NUT	OLS NUT ON EQR	RMA	Mismatch kiváló-jó	Mismatch jó-mérsékelt
mind	3	N	0.152	10	7039	20182	7727	16406	NA	NA
		P	0.054	10	2464.9	20649 50	2706	13928 17	NA	NA
	5	N	0.491	34	1793.9	1602	1621	1614	1110	NA
		P	0.329	30	176.6	159	161	160	NA	170

Vizsgált Időszak: 2013-2017										
Vizsgált élőlénycsoport: fitoplankton										
	Víztest típusa	Tápanyag	R <sup>2</sup>	Mintaszám	Lineáris	OLS EQR ON NUT	OLS NUT ON EQR	RMA	Mismatch ki-váló-jó	Mismatch jó-mérsékelt
erősen módosított	5	N	0.425	27	1778.8	1603	1620	1615	1115	NA
		P	0.291	26	182.6	159	165	162	NA	170
erősen módosított + mesterséges	5	N	0.454	28	1811.8	1560	1615	1598	117	NA
		P	0.291	26	182.6	159	165	162	NA	170