

SZAKDOLGOZAT

Magyar Nándor Attila

2023



**MAGYAR AGRÁR- ÉS ÉLETTUDOMÁNYI
EGYETEM**

Szent István Campus

Növénytermesztési-tudományok Intézet

Mezőgazdasági mérnök alapképzési szak

**A GÖDÖLLŐ-ISASZEG TÓRENDSZER
KÖRNYEZETANALITIKAI VIZSGÁLATA**

Belső konzulens: Dr. Hegyi Árpád
tudományos főmunkatárs
Dr. Lefler Kinga Katalin
tudományos munkatárs

**Belső konzulens
intézete/tanszéke:** Akvakultúra és
Környezetbiztonsági Intézet

Készítette: Magyar Nándor Attila

Gödöllő

2023

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés és célkitűzések.....	3
2. Szakirodalmi áttekintés	4
2.1. A vizsgált terület jellemzése.....	4
2.1.1. Topográfiai elhelyezkedés	4
2.1.2. Geomorfológia és talajviszonyok	4
2.1.3. A terület talajviszonyai	5
2.1.4. Az éghajlati viszonyok.....	5
2.1.5. Vízirajzi áttekintés	6
2.2. A célterületen elhelyezkedő tavak jellemzése	6
2.3. Hidrobiológia és vízminőség	8
2.3.1. A víz anyagforgalma.....	8
2.3.2. A vízminőség értelmezése	9
2.4. A víz fizikai tulajdonságai	9
2.4.1. A víz mozgása.....	9
2.4.2. Fény.....	10
2.4.3. A hőmérséklet	11
2.4.4. Oldott oxigén	11
2.4.5. Fajlagos elektromos vezetőképesség	12
2.5. A víz kémiai tulajdonságai	13
2.5.1. A kémhatás (pH érték)	13
2.5.2. A víz nitrogén formái- és körforgalma	13
2.5.3. A foszfor és körforgalma	15
2.6. A víz szervesanyag-szennyezettsége- és oldott oxigén rendszere.....	17
2.6.1. A biológiai oxigénigény (BOI)	18
2.6.2. Kémiai oxigénigény (KOI)	18
2.6.3. Szerves széntartalom (TOC).....	18
3. Alkalmazott módszerek.....	19
3.1. A mintavételi területek	19
3.2. A mintavétel menete	20
3.3. A terepi munka eszközei.....	20

3.4. A laboratóriumi vizsgálat menete	21
3.5. A laboratóriumi vízvizsgálatok során alkalmazott eszközök és reagensek.....	21
3.6. Adatok feldolgozása, statisztikai értékelése	22
4. Eredmények és értékelésük	23
4.1. Vízhőmérséklet eredményei	23
4.2. Oxigén háztartás	23
4.2.1. Oxigén mennyiség, oldott oxigén eredményei.....	23
4.2.2. Oxigén telítettség eredményei.....	24
4.3. Kémhatás (pH) eredményei	25
4.4. Fajlagos elektromos vezetőképesség eredményei	27
4.5. Összes ásványi só, összes ion koncentrációk eredményei.....	28
4.6. Nitrition koncentrációk eredményei	29
4.7. Nitrátion koncentrációk eredményei	30
4.8. Ammóniumion koncentrációk eredményei	31
4.9. A szabad ammónia koncentrációk eredményei	32
4.10. Az összes nitrogén koncentrációk eredményei.....	34
4.11. Az orto-foszfátion koncentrációk eredményei	36
4.12. A teljes klorofill-a koncentrációk eredményei	36
4.13. A cianobakteriális klorofill-a koncentrációk eredményei	38
4.14. A kémiai oxigén igény (KOI _k) koncentrációk eredményei	39
4.15. Az összes szerves szén (TOC) koncentrációk eredményei	40
5. Következtetések és javaslatok.....	43
6. Összefoglalás.....	45
7. Köszönetnyilvánítás	46
8. Irodalomjegyzék.....	47
Ábrák és táblázatok jegyzéke	49
Ábrák	49
Táblázatok	50

1. Bevezetés és célkitűzések

A téma aktualitását jól reprezentálja, hogy vizeink szennyezettsége az egyre növekvő ipari termelés és az urbanizáció hatására globális méretű problémát jelent. A szennyezés antropogén eredetű, ezért annak szabályozása is az emberi tevékenységtől függ. Azonban felszíni vizeink minőségének megőrzése és fenntartható használata nem csak a környezetünk, hanem az emberiség számára is meghatározó kérdés.

A víz életfeltétel és élettér is egyben. A vízminőség összefoglalja a víz természeti és az emberi hatású tulajdonságait is, de fontosabb ennél, hogy meghatározza a vízi ökoszisztéma folyamatait, fejlődésének irányát és ütemét. A víz különleges tulajdonságai miatt a szárazföldi ökoszisztémákhoz hasonlítva az anyagok és energiák áramlása a vizekben gyorsabban zajlik. Ebből adódóan felszíni vizeink környezeti terhelése következtében viszonylag rövid idő alatt változhat annak flórája és faunája. Az víz összetételének erőteljes módosulása az ökoszisztéma sérülékenységét, diverzitásának romlását eredményezi. Az ipari -és lakossági szennyvizek, valamint a mezőgazdasági művelésből származó szervesanyag a vízben felhalmozódva eutrofizációhoz és a bomlási folyamatok által oxigénhiány okozta halpusztuláshoz is vezethet.

Kutatásunk tehát a víz minőségének- és a háttérben húzódó folyamatok, valamint azok okainak feltárását célozza a Gödöllő-Isaszegi tórendszer esetében. A kísérlet relevanciája abban is rejlik, hogy az érintett vizek milyenségében jelentős szerepet játszhat a gödöllői szennyvíztisztító biológiailag tisztított szennyvize, amely a tórendszer vízutánpótlásának jelentős részét teszi ki. Nem mellesleg a vízminőségi problémák hazánkban is a legnagyobb mértékben a kis vizeket érintik. A tavak hasznosítását tekintve értékelésünket a halgazdálkodás, valamint annak fenntartásához szükséges ökoszisztéma szempontjából fogalmazzuk meg.

A halastavak vízanalitikai vizsgálatának célja többértű volt. Egyrészt fel kívántuk mérni a méltán népszerű tórendszer jelenlegi helyzetét, amely több ezer embernek okoz aktív kikapcsolódást, illetve horgászélményt. Másrészt a halastavak fenntartóit, üzemeltetőit szeretnénk hasznos információkkal ellátni, hogy javítani tudjanak vízkezelési és gazdálkodási gyakorlatukon. Erre azért is volt szükség, mert a tórendszer számos problémával (vízhiány, tisztított szennyvíz okozta környezeti terhelés stb.) küzd és állapota előregedettnek mondható.

2. Szakirodalmi áttekintés

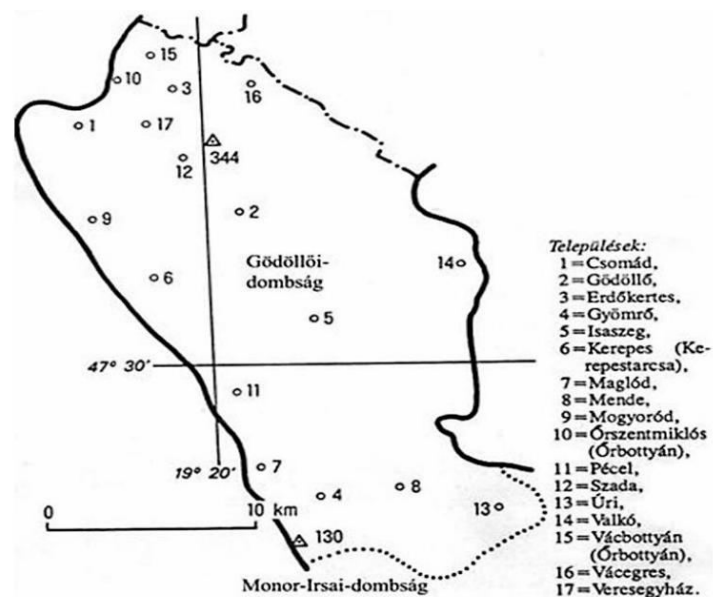
2.1. A vizsgált terület jellemzése

2.1.1. Topográfiai elhelyezkedés

A Gödöllő-Isaszeg közötti tórendszer a Gödöllői-dombság völgyeinek egyikében fekszik, mely a Közép-magyarországi régió és Pest megye területén helyezkedik el (Szabó, 2011). A kistáj meghatározás szerint a Gödöllői-dombság a Gödöllői-Monori-dombság kistájcsoportjának északi részén található, ami a Cserhát-vidék középtáj, illetve az Észak-magyarországi-középhegység nagytáj része. A dombvidék mintegy 550 négyzetkilométeren terül el és közigazgatása 16 települést számlál (1. ábra). A tengerszint feletti magasságot tekintve a kistáj 130 és 344 m között fekszik. Legmagasabb pontja a Margita, mely Szada környékén emelkedik, legalacsonyabb pontja pedig Gyömrő településnél lelhető fel (Demény, 2007).

1. ábra: A Gödöllői-dombság kistáj települései

(Forrás: Demény (2007))



2.1.2. Geomorfológia és talajviszonyok

A dombvidék legidősebb ismert kőzetrétege a Gödöllő környékén már 2000 méter körüli mélységben található felsőtriász dolomit és mészkő, melyek az alaphegység rögeit jelzik. A harmadidőszaki eocén korszakban tengerelöntés hatására került a területre a következő réteg a márgából, homokos agyag -és kavicsból álló kőzet, ami több helyen vékony barnakőszén-telepeket zár magába. A dombság első kiemelkedési szakasza a pliocén és a pleisztocén

földtörténeti korszakok határán ment végbe az északnyugat-délkelet irányban húzódó törésvonalakkal megegyezően. A kiemelkedés egyenetlen volt és a terület északi részén a 400 méter feletti magasságot is elérte. A területet alakító Rákos-patak a pleisztocén során a folyólefejeződés hatására egy fiatalabb völgybe kényszerült. A lösszel bélelt völgy alapján a kaptura a legutóbbi jégkorszak (würm) során mehetett végbe. A rögök délkeleti lejtőit tekintve a legnagyobb meredekséggel bíró részek 10°-os, viszont a Rákos-patak völgyében az alámosott rogyásos lejtő nagyjából 30°-os dőlésű (Szabó, 2011).

2.1.3. A terület talajviszonyai

A felszíni vizek minősége szoros kapcsolatban van a talajok tulajdonságaival. A Gödöllői-dombság legjelentősebb talajképző kőzetei a futóhomok és a lösz. Kialakulásuk az Ós-Dunának és a mellékfolyóinak köszönhetőek. A vízfolyások pliocén korban lerakott hordalékát a pleisztocén során a deflációs felszínformálás alakította. A talajtakarót tekintve is megjelenik a hely átmeneti volta. Észak felé haladva a barna erdő talajok dominálnak, de az Alföld irányában megjelennek a csernozjom talajok is. A térség legelterjedtebb taljai a barnaföldek (Ramann-féle barna erdőtalajok) és az agyagbemosódásos barna erdőtalajok. Mindkét talajtípus esetében az agyagosodás a meghatározó, illetve az agyagbemosódásos BET esetében az erőteljesebb savanyodás. A tájegység legkedvezőbb tulajdonságú talaja a csernozjom barna erdőtalaj is számottevő területen fellelhető az alföldi rész mezsgyéjén (Szabó, 2011).

2.1.4. Az éghajlati viszonyok

A táj jellegzetes átmeneti tulajdonságai az éghajlatánál is nyomon érhetőek. Klímája nem hegyvidéki, de nem is síkvidéki. Az évi középhőmérséklet 9,1-10 °C, mely közelebb áll a középhegységi klímához, ám a napi szélsőértékek átlagai a síkvidékek hőmérsékleti viszonyaihoz hasonlítanak. Az eltérő lejtőkitettségek sokszor igen változékony hőmérsékletet idéznek elő területenként, de a régióra alapvetően jellemző a hosszú meleg időszak és a hideg tél. A csapadék mennyisége az országos átlaghoz hasonlóan 550 mm környékén alakul (Szabó, 2011). A legtöbb csapadék kiugróan, nyár elején, júniusban esik, ami nagymértékű eróziós károkat okozhat, hiszen ebben az időszakban a szántóföldi kultúrákat tekintve gyenge a talaj takarása (Demény, 2007). A domborzati szabdaltságnak köszönhetően a térség mozaikos mezo- és mikroklímával rendelkezik. Befolyásoló tényezőt jelentenek a völgyekben

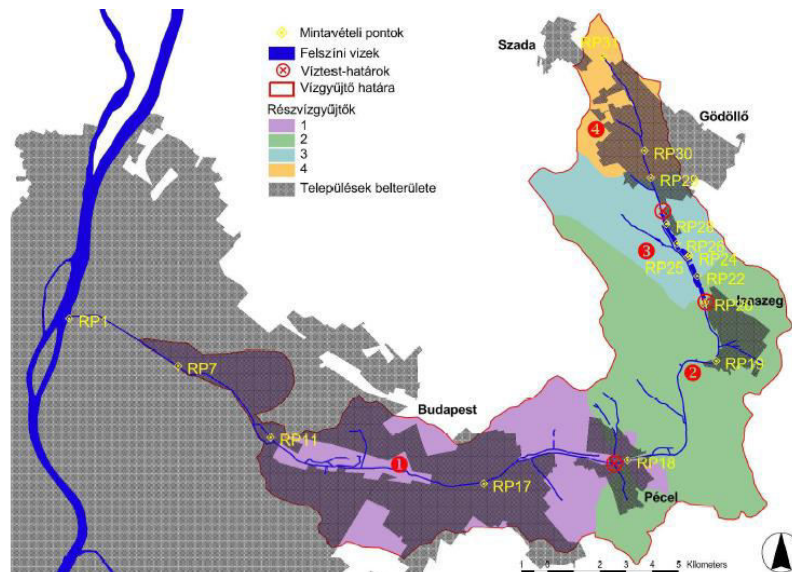
elhelyezkedő tórendszerek, melyek nagy vízfelületükkel hőkiegyenlítő szerepet töltenek be, azaz a környező területek légtömegeinek lehűlését és felmelegedését lassítják. (Szabó, 2011).

2.1.5. Vízirajzi áttekintés

Ugyan a térségnek kiterjedt a völgyhálózata, ezzel szemben a vízfolyások ingadozó vagy időszakos vízfolyással jellemezhetőek a felszínen vastagon megtalálható vízáteresztő tulajdonságú kőzetek miatt. A dombvidék másik sajátossága, hogy a Margita (344 m) csúcstól egészen Albertirsáig tartó fő vonulata vízválasztóként szolgál. Azok a vízfolyások melyek ettől keletre találhatóak a Tiszába, míg a nyugati elhelyezkedésűek a Dunába torkolnak. Utóbbi csoportba tartozik a Rákos-patak, mely 37,5 km hosszan kanyarog míg a Dunába ér. A patak a 12 tóból álló Gödöllő-Isaszegi tórendszert táplálja, 152 km²-en terül el és ezzel a térség meghatározó vízfolyása (2. ábra). A felszíni vizek viszont sok esetben szennyezettek, ezért minőségük megőrzése különös gondot igényel (Demény, 2007).

2. ábra: A Rákos-patak vízgyűjtője

(Forrás: Komárominé és Bardóczyné (2006))



2.2. A célterületen elhelyezkedő tavak jellemzése

A Gödöllő-Isaszeg tórendszer létrejötte emberi tevékenységnek köszönhető és a tavak vízkormányzását műtárgyakkal végzik. A gazdálkodás kezdete az 1880-as évek végére tehető, hiszen a területen (Károlyi, 1991) megállapítása szerint először 1886-ban kerültek átadásra halastavak. Az első termelési rendszert az 1920-as évek első felében Benkő Pál és Bellosics

Bálint hozták létre. A létesített tógazdaság hat darab termelő tóval és a működésüket segítő teletető vízterülettel, illetve tápcsatornával rendelkezett. Ám ebben az időben a tórendszer hasznosítása nem merült ki a víz- és halgazdálkodásban. A Malomtó (III. számú tó) vizére alapozva, mint ahogy neve is árulkodik, egy vízimalom üzemelt. A víz folyását kihasználva az építmény áramot állított elő, de takarmány őrlésére is alkalmazták (Fekete, 1996). A tórendszer terjeszkedése folytatódott és az 1927-es évben, majd 1939-ben is újabb tavakkal gyarapodott. A térségben elkezdődött a tudományos munka is, amikor a tórendszert az ÁTK Halbiológiai osztálya további teletető egységekkel látta el a vizsgálatok számára. Ugyanakkor a területet többször sújtotta árvíz. 1963-64 telén a jéggel fedett Duna végett felgyülemlött víz megtörte a kutatások és a tórendszer alakításának ütemét. Az özönvíz áttörte az I-es és a III-as tavon található gátakat. Majd az 1969-es év is kiszámíthatatlanul alakult és ugyan ezen gátak újfent sérülést szenvedtek (Fekete, 1996). A tórendszer vize a Rákos-patak mellett csapadékvízből és fenékforrásokból is származik. Valamint a IV-es számú vízterülettől kezdődően közvetetten a Gödöllő déli részén található szennyvíztisztító biológiailag tisztított szennyvize játszik alapvető szerepet a tavak vízutánpótlásban (Györki, 2010). A befolyás a Rákos-patak vízkészletének csaknem felét biztosítja (Fekete, 1996). Emellett a vizek környezeti terhelésében igencsak közre játszhatnak az illegális bevezetések a helyi csatornahálózat hiányosságából fakadó talaj eredetű szivárgások és a mezőgazdasági művelés is (Halász, 2010; Fekete 1996).

Kialakításukat tekintve völgyzárógátas rendszerű az I-es, II-es, III-as és a IX-es számú tó. A IV-VIII. számú tavak oldaltározós felépítésűek, itt a tápláló vízfolyás elkülönülve a tavak mellett halad (Heltai, 2004). Az első kilenc tó meglehetősen kiépített a halgazdálkodás és egyéb vízkezelési feladatok számára (1. táblázat). A X. számú egység egy tőzegbányató, mely hordozza magában az épített tározók jellegét is. Az utolsó kettő (XI-XII.) állóvíz tulajdonképpen a tőzegbányászat által keletkezett (Komárominé és Bardóczyné, 2006).

1. táblázat: A tavak eredeti funkciója

(Forrás: Heltai (2004))

Tó	Funkció	Mélység [m]	Felület [ha]	Térfogat [ezer m ³]
I.	- szennyvíz befogadó - kiegyenlítő tározó - öntözővíz - horgászat	1,4	9,8	138
II.	- horgászat	1	4,5	46
III.	- nevelőtó	1,5	7,8	117,2
Teleltető, és tároló tavak		1,8	1,2	21,6
IV.	- kísérleti tó	1,2	3,5	41,5
V.	- kísérleti tó	1,1	2,1	22,5
VI.	- horgászat	1	4,9	47,6
VII.	- horgászat	0,9	6,43	52
VII/ a,b,c	- rekreációs tavak	1,5	2,57	33,2
VIII/ a	- ivadéknevelő	1,5	2,2	33
VIII.	- horgászat	2,4	6,07	150
IX.	- horgászat	1,2	10,8	101,9

A tulajdonviszonyokat tekintve a tórendszer a Magyar Állam tulajdona a vagyonkezelői feladatot a Nemzeti Biodiverzitás- és Génmegőrzési Központ (NBGK) látja el (Http1). Az I. és II. számú 14,4 hektárt lefedő tavakat a Béke Horgászegyesület gondozza. A 7,8 hektáron elterülő III. számú horgásztavat 1978-tól kezdődően a Malomtó Horgász Egyesület képviseli. A III. -és a IV. számú tavak között álló területeken raktártavak találhatóak, melyeken tógazdasági haltenyésztést végez az Aranypony Zrt. Az NBGK tarja fent a rendszer négyes számú tavát, melynek felülete 3,5 ha. Az V. számú tó területe 3,8 ha, üzemeltetését a Pelikán HE végzi az 1989-es évtől kezdve. A VI. számú mintegy 5 hektár nagyságú állóvíz működtetése a Magyar Újságírók Országos Szövetségének jogkörében áll. A Sporthorgászpark Kft. kezeli a 9 ha méretű VII. számú tavat és a területén kialakított pihenőparkot. A nyolcas számú 14-hektáros vízterületet a Csendesvölgy Horgász Egyesület

tartja karban. A Park Horgász Egyesület gazdálkodik a 11 ha méretű IX. számú egységen 1985 óta. Az isaszegi X és XI-es számmal ellátott tőzegbányatavakat az Isaszegi Horgászegyesület tartja fent, melyeknek birtokolt vízterülete közel 7,2 ha (Http2).

2.3. Hidrobiológia és vízminőség

2.3.1. A víz anyagforgalma

A víz a Föld egyik legegyszerűbb, de legfontosabb vegyülete, hiszen az élet alapfeltétele. Bolygónk felszínének majd háromnegyed részét borítja víz, meghatározva ezzel a szárazföldi élőlények életét és igen sokoldalú bioszférát biztosítva a vízi szervezetek számára (Papp és Fűrész, 2003). A víz hidrológiai körforgását azok a hőmérsékleti fázisváltozások okozzák, melyek szűk tartományban mozognak, ezzel együtt meghajtó erőként szolgálva megannyi létfontosságú biogén elem körforgalmának is. A cirkuláció mozgató rugója a napenergia, mely során a hidroszféra kölcsönhatásba lép az atmoszférával és a litoszférával. A Föld vízkészletével azonos mennyiségű víz körforgásba lépéséhez 3000 év szükséges. A víz rotációja a földi anyagforgalom meghatározó motorja, hiszen ez a folyadék a legáltalánosabb szállító közeg (Hegyi és Lefler, 2016).

2.3.2. A vízminőség értelmezése

A minőség megadásának legegyszerűbb módja a víz esetében is annak valóját jellemző legfontosabb tulajdonságok összegzése. A vízminőség meghatározásaként a víz fizikai, kémiai és biológiai ismérveinek együttese terjedt el, hiszen természetes vizeinket a víz, mint fizikai közeg, illetve annak összetevői alkotják. A hidrobiológusok szerint a minősítést élőlény szempontúan kell végrehajtani, mert a víz legfontosabb funkciója a biológiai anyagforgalomban játszott szerepe, így az élővilága tükrözi a közeg minőségét. Miközben az elemzést a víz fizikai, kémiai -és biológiai paramétereire bontva végezzük, tudjuk, hogy valójában egy komplex rendszerről beszélünk, amelyben a biotikus -és abiotikus elemek állandó kölcsönhatásban vannak egymással. A víz minőségére számtalan külső -és belső tényező kihat. Egy rendkívül dinamikus változó rendszerről beszélhetünk, vagyis a víztérből vett minta annak pillanatnyi állapotát tükrözi. A Víz Keretirányelv fizikai és kémiai mutatói alapján 6 támogató elemet sorol fel, amelyek a víz ökológiai állapotát influálják. Ezek a hőmérsékleti viszonyok, átlátszóság, savasodási állapot, sótartalom, oxigénháztartás és a növényi tápanyagok. Amennyiben élő rendszerként vizsgáljuk vizeinket, akkor a biológiai és kémiai indexek lesznek mérvadóak, melyek a vízi ökoszisztémák anyagforgalmáról

tájékoztatnak. Az anyagforgalom a makroelemek olyan körforgása, mely során a vízben található anyagok kapcsolatba léphetnek önmagukkal, geológiai környezetükkel, illetve áramolhatnak a különböző élőlénycsoportok között. A folyamatot bio-geokémiai ciklusnak hívják, mely az oxigén, szén, nitrogén, kén és a foszfor rotációja (Somlyódy, 2018).

2.4. A víz fizikai tulajdonságai

2.4.1. A víz mozgása

A víz állandó mozgásban van, melyet két féle kategóriába, periodikus és aperiodikus formába sorolunk. A periodikus az időszakonként visszatérő, míg az aperiodikus a nyomáskülönbség vagy a szél következményeképpen kialakuló helyváltoztatás. A hullámozás lényeges környezeti tényező lehet a sekélyebb, ám kiterjedtebb felületű állóvizek szempontjából. Ez a mozgás a víztömeg teljes felkeveredését okozhatja és a sérülékenyebb organizmusok pusztulásához is vezethet. A teljes felkeveredés pozitív hatása az üledék oxigénnel való dúsulása, melynek hatására élénkül a bomlás és az aljazaton felgyülemlett tápanyagok hasznosulása is végbe mehet. A konvekciós áramlatok segítségével tudnak helyet változtatni a mélyebben elhelyezkedő vízoszlopok. Ezek az áramlatok az eltérő sűrűségek révén keletkeznek, mely általában a felszínen elnyelt napenergiának köszönhető (Hegyi és Lefler, 2016).

2.4.2. Fény

A fény az egyik legfontosabb fizikai tényező a vízi ökoszisztémák szempontjából. Földünk energiájának túlnyomó részét a Nap sugárzása biztosítja. A bolygó felszínét érő hullámtartományok közül hármat, az ultraibolya- a látható fény- és az infravörös tartományt szoktuk megkülönböztetni. Főként a közvetlen fényből érkező ultraibolya sugárzás, az életre káros, rákkeltő hatású, ám ez a teljes sugárzásnak csak elenyésző része. A látható fény tartomány, mely az emberi szem számára érzékelhető a növényi élet feltétele a fotoszintézis alapja. Mind a szárazföldi, mind a vízi flóra a fotoszintézis során tulajdonképpen a Nap energiáját deponálja. Az infravörös tartomány valamely felületet érve elnyelődik és ennek következtében a felmelegített felszín hőt ad le. Az infravörös sugarak felelősek a szárazföldi - és a vízi hőmérsékleti viszonyok kialakításáért is. A vizekben azonban eltérő a fényvel ellátott napszak a szárazföldi körülményekhez képest. Csak a kellően meredeken érkező napsugarak képesek a vízoszlopba hatolni, emiatt a napkelte és napnyugta óráiban az alacsonyabb beesési szöggel rendelkező sugarak visszaverődnek a víz felszínéről. A vízbe jutó fény az ott található

testek hatására szóródik és útja hosszabbodik. A szóródás által a vízben a növényi szervezetek több fényhez jutnak, ami serkenti a fotoszintézist. A víztestben a fény erőssége és spektruma a mélység megoszlásával és a víz összetételével van szoros összefüggésben. A zavarosabb, növényi planktonnal telített vízben a zöld, míg a tiszta vízben a kék színű sugarak képesek a legmélyebbre hatolni, ezért tapasztaljuk emberi szemmel ennek megegyezően a vizeink színeit. A fényviszonyok tehát számos tényezőtől függenek és lényeges hatásuk van a vízben zajló biológia életre. A táplálék körforgása, élő szervezetekbe való épülése alapján két rétegről, a fotikus és afotikus zónákról tehetünk említést. A felül elhelyezkedő fotikus rétegben a termelő folyamatok -és szervezetek vannak túlsúlyban. A mélyebben található, csekély fényellátottsággal rendelkező afotikus rétegben a biológiai bontás és a holt szervesanyag ásványosodása a meghatározó folyamat (Horváth, 2009).

2.4.3. A hőmérséklet

A hőmérséklet kiemelkedően fontos fizikai tényező, mely alakítja a víz élővilágát. A víz fajhője nagyobb, mint a bolygó külső kérgét képező anyagoké. Ebből fakadóan a víz felmelegedése és lehülése lassabb folyamat, hőmegtartó képessége elemi ismérv. A víz fagypontja 0 °C, ám sűrűsége 4 °C-on a legmagasabb. Ennek a különleges tulajdonságnak köszönhető, hogy a jég a víz felszínén helyezkedik el és a fagyás föntről kezdődve a fenék felé halad. Az alsó vízréteg viszont soha nem hűl 4 °C alá, így biztosítva a vízi élet áttelelését (Horváth, 2009). A víz hőmérsékletét többségében közvetlenül a napsugárzás alakítja, de befolyásolja a talaj és a levegő hőmérséklete is (Papp és Fűrész, 2003). A valódi vízi élőlények, mint például a halak szempontjából elengedhetetlen komponens a közeg hőmérséklete, mivel változó testhőmérsékletüket a külső környezet határozza meg. A melegebb vízhőmérséklet fokozza a hidegebb csökkenti az élőlények anyagcsere folyamatainak sebességét. Az oxigén vízben való oldhatósága esetében ez a kapcsolat éppen fordítottan arányos. A hazai vizeink döntő többsége mérsékelt meleg, azaz hőmérsékletük 12-25 °C-ig terjed.

Amennyiben felszíni állóvizeinkről beszélünk, említést kell tegyünk a hőrétegzettség fogalmáról. A mélyebb tavakban a felső, felszín közeli vízréteg, vagyis az epilimnion melegebb. Ezzel szemben az alsó réteg a hipolimnion hidegebb hőmérsékletű. Egészen 4 °C-ig nő a sűrűsége a víznek, ezért a mederrel szomszédos réteg nagyobb fajsúllyal rendelkezik és elkülönül. A mérsékelt éghajlaton az őszi lehülés és a tavaszi felmelegedés hatására

történik változás, amikor a két réteg hőmérséklete kiegyenlítődik. Ekkor nyílik lehetőség a két réteg felkeveredésére, ami többnyire a szél segítségével történik (Hegyi és Lefler, 2016).

2.4.4. Oldott oxigén

Az oxigén az egyik legjelentősebb elem, hiszen biológiai és kémiai folyamatokban hatalmas szerepet játszik. A vízi világ életfolyamatai számára is elengedhetetlen az oxigén jelenléte. A vízben található oxigén eredetét tekintve származik a levegőből, de ennél meghatározóbb részét a fotoszintézis során a vízben élő növényi szervezetek termelik (Papp és Fűrész, 2003). Az oxigén jelenléte ebből adódóan napszakos változást követ. A termelő szervezetek anyagcseréjéből kifolyólag nappal nő az oxigén mennyisége a vízterben. Csakhogy fény hiányában az éjszakai órákban a növényi élőlények nem képesek oxigént termelni, így pusztán fogyasztóként vesznek részt a háztartásban. Ennek okán az esti időszakban csökken az oldott oxigén mértéke a vízben. Az oxigénszint minimuma a napfelkelte időpontjára tehető, amikor a feldúsult alga állomány, valamint az elnyúló éjszakák mellett a halakra veszélyes oxigénhiány léphet fel. Az oxigén koncentrációjának kialakulásában meghatározó szerepe van a víz hőmérsékletének is. Az oxigén oldékonyságának mértéke a hőmérséklet növekedésével csökken, maximuma 0 °C-on található. Az oxigén előfordulásának mértékére befolyással van mindezek mellett a légnyomás, illetve a hőmérséklethez hasonlóan a víz sótartalma is negatív korrelációt mutat az oxigén oldhatóságával szemben (Hegyi és Lefler, 2016). A vízi organizmusok oxigénigénye különböző. Különösen fontos, hogy a halaknál fajonként változhat. A pontyfélék közepes oxigénigényű fajok az oldott oxigén mennyisége megfelelő, ha 6 mg literenként. Ennél vannak azonban sokkal igényesebb halfajaink is, mint a süllő vagy a pisztrángfélék, melyeknek számottevően magasabb oldott oxigénre van szükségük (Papp és Fűrész, 2003).

Mindazonáltal el kell különítsük a koncentráció és a telítettség meghatározását, hogy szemléltetni tudjuk a vízben oldott oxigén arányát. Az oxigén koncentrációja reprezentálja, hogy literenként hány milligramm oxigén van jelen a vízben. A telítettség pedig bemutatja az oxigén százalékos részvételét a folyadékban. Az oxigén telítettségének értéke a fitoplankton és más növényi teremtmények fotoszintetizáló tevékenységének következtében akár jóval magasabb szám is lehet, mint 100%. A telítettség 200% felett már kedvezőtlennek mondható és a halak kopoltyúi akár sérülhetnek is (Hegyi és Lefler, 2016).

2.4.5. Fajlagos elektromos vezetőképesség

A víz fajlagos elektromos vezetőképessége azért releváns tényező, mert közepes lineáris összefüggést mutat az összes-sótartalom értékével. A hidrogénion vezetőképességéből kifolyólag ez a megfigyelés az átlagos, illetve a megfelelően pufferolt vizek esetében alkalmazható. Ekkor a vezetőképesség értékét 0,63-al szorozva egy megközelítőleg pontos értéket kapunk a víz összes-sótartalmáról. Magyarország vizeit három kategóriába soroljuk az összes-ionkoncentráció értelmében. Nagyjából 700 μS vezetőképesség esetében az 500 mg/liter sótartalommal bíró vizeket édesnek nevezzük. 500 és 3000 mg/liter között átmeneti sós vizek, 3000 mg/liternél magasabb index vonatkozásában sós vizeket nevezünk meg (Hegyi és Lefler, 2016).

2.5. A víz kémiai tulajdonságai

2.5.1. A kémhatás (pH érték)

A kémhatás a vizeknek egy olyan tulajdonsága, amely megmutatja, hogy az oldat savas, semleges vagy lúgos. A kémhatást a pH értékkel jellemezzük, ami a 0-tól 14-ig terjedő tartományban található. Semleges érték a 7-es, ez alatt a számok csökkenésével egyre savasabb, míg 7 fölött egyre lúgosabb közegről beszélünk. Az európai térségben a természetes vizek általában 3,2 és 10,5 közötti pH indexet képviselnek, de jellemzően 6,5 és 8,5 közti értéket vesznek fel. A kémhatás nagymértékben függ a terület talajadottságaitól. Szikes talaj esetében a víz lúgosabb lesz és gyakran meg is haladhatja a 10-es értéket. Lapos vidéken azonban a vizek gyengén savasak. A vizek kémhatása nem állandó, évszakonként és napszakonként is különböző értékeket mérhetünk. Ez a változékonyság az algák élettevékenységének a hatása (Papp és Fűrész, 2003). A csapadék mennyiségétől is függhet az adott víztest kémhatása, hiszen az esővíz 5,6 körüli pH értéket képvisel (Hegyi és Lefler, 2016). A vízi élőlények között találunk olyan fajokat, amelyek savasabb vagy lúgosabb vizeket preferálnak, illetve tág tűrésű tartománnyal jellemezhető organizmusokat is. A hazai halfauna számára kedvező az 5-8,5 közötti pH érték, ugyanis a kémhatás kihatással van a fajok gyarapodására és szaporodási tevékenységükre is. Természetesen itt is találunk érzékenyebb fajokat. A pisztrángfélék tűrik legkisebb mértékben a savanyodást, így a savas esők által akár tömeges halpusztulás következhet be (Papp és Fűrész, 2003). A halastavak jelentős többségében lúgos kémhatású vizek Magyarországon. A pH kiugró értékei azért jelenthetnek gondot, mert a kémhatás több kémiai folyamattal hozható összefüggésbe. Példának okáért a halakra mérgező élettani hatást jelentő szabad ammónia (NH_3) a magas, 8,5

feletti pH érték következtében alakul át az ammóniumionból (NH_4^+). Hasonló veszélyt jelenthet a halak számára a szulfidionból átalakuló kén-hidrogén. Ez estében viszont az alacsonyabb, 7-7,5 alatti pH érték alatt növekedhet a mérgező anyag aránya a vízterben. Ugyanakkor az említett káros anyagok csekély mértékben fordulnak elő 8-8,3 közti pH érték vonatkozásában (Hegyi és Lefler, 2016).

2.5.2. A víz nitrogén formái- és körforgalma

A nitrogén vegyületek valamennyi organizmus számára nélkülözhetetlenek, hiszen a fehérjék alkotói, melyek számtalan élettani folyamat alapját képezik. Gondoljunk csak a vázfehérjékre, melyek felépítik a szervezetet vagy a kulcsfontosságú enzimatikus folyamatokra. A természetes vizek vizsgálata során a négy legfontosabb nitrogén forma a szabad ammónia (NH_3), nitrition (NO_2^-), nitrátion (NO_3^-) és az ammóniumion (NH_4^+), de említést kell tenni a vízben előforduló szerves nitrogén vegyületekről is (Horváth, 2009).

A nitrogén eltérő módokon kerül a víztestbe. A légkörben található nitrogén (N_2) a levegő 78%-át képezi és lényeges része oldható vízben, ám megkötésére kizárólag a vízi nitrogén körforgalomban meghatározó szerepű cianobaktériumok képesek.

Második lépésben a fejlettebb szervezetek anyagcsere folyamatai és a szervesanyagok bomlása során ammónia szabadul fel a vízben. A nitrogén körforgásának ezt a szakaszát ammonifikációnak hívják. A folyamat oxigéntől mentes közegben is lejátszódik. Az ammónia jelenlétének nagysága ebből kifolyólag a víz szennyezettségéről nyújthat információt, habár természetes redukció folytán is képződhet. A kémhatásnál említett módon a pH függvényében változik az ammónia és ammónium megjelenésének aránya. Ez annak köszönhető, hogy alacsonyabb pH érték esetében protonfelvétel útján az NH_4^+ alak lesz stabilabb. Ezzel szemben pedig lúgos, 8,5 feletti pH index és magas hőmérséklet mellett protonleadás történik és az NH_3 nitrogén forma állandósul (Hegyi és Lefler, 2016). A szabad ammónia sejtméregként hat a halakra és már 0.1 mg/liter koncentrációban is pusztuláshoz vezethet. A halak fehérje anyagcsereje végtermékeként szolgáló ammónia az állatok kopoltyúhámján keresztül jut környezetükbe. Amennyiben a vízben nagy mennyiségű ammónium és a halak számára kiemelkedően sok zooplankton van jelen, akkor csak kissé lúgos körülmények mellett még a nem toxikus ammónia szint is káros lehet. Ugyanis a halak ilyen viszonyok mellett nem képesek leadni kopoltyújukon keresztül az anyagcsere terméket, ami ott megreked és a hám elhalásával (nekrózis) jár. A nekrozis tömeges pusztulást is előidézhet, ha különböző bakteriális- és gombás fertőzések is kísérik (Horváth, 2009).

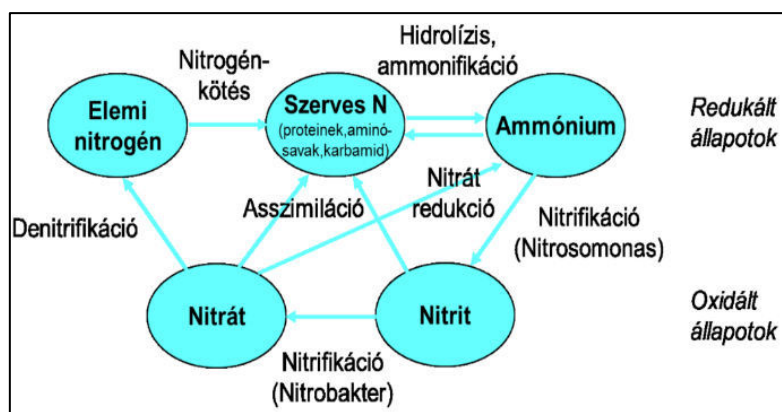
Tovább haladva a ciklusban az NH_4^+ -ből több szakaszban nitrit (NO_2^-), majd nitrát (NO_3^-) keletkezik. Ez a folyamatot a nitrifikáció, mely során különböző baktérium csoportok oxidálják az ammóniumiont, valamint az abból képződő nitritet. Első lépésben az ammóniumiont a nitrifikáló baktériumok alakítják nitritté. Leggyakoribb képviselőik a *Nitrosomonasok*, melyek tevékenysége 10°C alatt leáll, ezért a víz ammónia koncentrációja a téli időszak alatt növekszik. Ez azért lehetséges, mert a szintén bakteriális hatásra alapuló ammonifikáció, vagyis a nitrátok egészen ammóniáig történő bomlása 10°C alatt is megvalósul. Második ütemben a keletkezett nitrit nitráttá történő módosulása a nitrátképző baktérium csoport oxidáló munkájának köszönhető. A nitritoxidáló baktériumok gyarapodása rövidebb időt vesz igénybe, mint a nitritképzőké, ezért a nitráttá alakulás gyorsabban megy végbe. Ebből fakadóan a vizekben a nitrit felhalmozódása nem megszokott, fokozott mértékű megjelenése aggodalomra adhat okot, hiszen csak oxigénben szegény állapotra jellemző (Hegyi és Lefler, 2016).

A nitrogén körforgás befejezte lehet, hogy a vízben élő növényi szervezetek felveszik és hasznosítják a nitrátiót vagy a redukáltan stabil ammóniumiont (3. ábra). Redukció által ezek a szerves nitrogén formák szerves nitrogénvegyületekké transzformálódnak a növényi szervezetekben, majd azok pusztulásával jutnak vissza a környezetbe. A szerves nitrogénvegyületek legjelentősebb mennyiségben a szárazföldről, bemosódás által kerülnek a vízbe, ahol feldúsulásuk a vízi flóra túlszaporodásával, eutrofizációval fenyeget. Erózióval veszélyeztetett dombvidéki területen, valamint egyoldalú mezőgazdasági tevékenység mellett kiváltképp megnövekedett lehet a nitrogén terhelés, ami ellen a vízpart menti vegetációk megőrzése nyújthat segítséget.

A nitrogén ciklus végződhet ezen kívül a nitrogén légtérbe való kilépésével a denitrifikációval is. A reakcióban anaerob körülmények között még kifejezőbb a nitrát redukciója, amely ammóniummá, később pedig gáz halmazállapotú nitrogénné alakul és távozik a rendszerből (Horváth, 2009).

3. ábra: A nitrogén körforgás halastavakban

(Forrás: Budapesti Műszaki -és Gazdaságtudományi Egyetem, Építőmérnöki Kar (2017):
Vízminőség szabályozás: Víztisztítás, vízminőség)

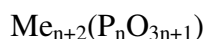


2.5.3. A foszfor és körforgalma

A foszfor megjelenése a természetes környezetben, tehát a vizekben is korlátozott, ugyanakkor az élő szervezetek számára az egyik legfontosabb elem. Ennek folytán gyakran előfordul, hogy a foszfor a biológiai rendszerekben limitáló tényezőként van jelen (Horváth, 2009). Jelentősége tükröződik abban, hogy különbözve a többi elemtől, tekintélyesebb mértékben található az organizmusokban, mint az élettelen környezetben (Barótfi, 2000).

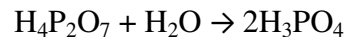
Az egész bioszférában, így a vizekben is foszfát (PO_4^{3-}) formájában a leggyakoribb és a hozzávetőleg semleges pH indexek esetében a H_2PO_4^- (dihidrogén-foszfát), valamint a HPO_4^{2-} (hidrogén-foszfát) alakja a meghatározó. (Hegyi és Lefler, 2016). A foszforsav vízben oldott sói, vagyis az ortofoszfátok természetes forrása a foszfor tartalmú kőzetek (apatit, fluorapatit, aragonit). A foszfát ezen kívül antropogén folyamatok révén a lakossági szennyvízből és a mezőgazdasági felhasználás során jut a természetes vizekbe. A növények számára csak az ortofoszfát, vagy másnéven reaktív foszfor hasznosítható. A szennyvíz viszont nagy mennyiségben tartalmaz nem reaktív vagy detergens-foszfort, amit ugyan az autotróf szervezetek nem lennének képesek hasznosítani, de a biológiai tisztítás során a mikroorganizmusok lebontó tevékenységének köszönhetően hozzáférhetővé válik.

A foszfor körforgalma tehát a vízbe kerülő oldott állapotban lévő orto-foszfáttal kezdődik (4. ábra). A víztest flórája felhasználja és a sejtekben szerves foszforvegyületek jönnek létre a reaktív foszformennyiségből. Általános képletük:



A növényi szervezetek élete végeztével a rendszerbe visszakerülő szerves foszforvegyületek szerkezetüket tekintve kondenzált foszfátok, vagyis újabb hasznosulásuk ebben az alakban nem lehetséges. Ahogyan a szennyvizek esetében, itt is a vegyületek

hidrolizálása a megoldás, melyeket baktériumok végeznek, ezzel ismét felvehető formát teremtve (Barótfi, 2000). A reakció képlete a pirofoszfát példáján:



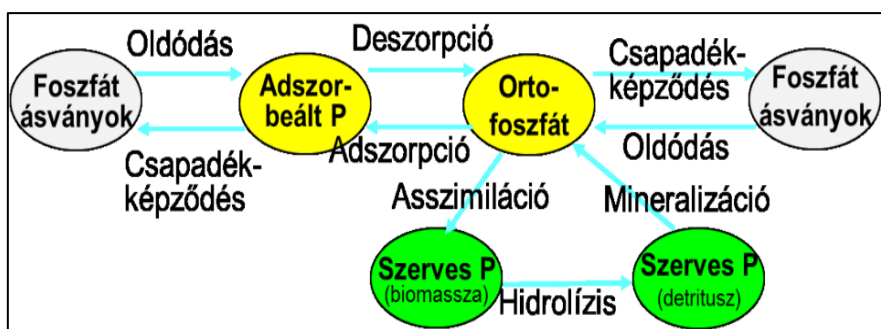
A moszatok jóval nagyobb mértékben tudnak foszfort magukban fogadni, mint azt szükségletük kívánná, ezért a foszforban hiányos időszakok alatt is huzamosabb ideig képesek sejtosztódásukat fenntartani. A jelenséggel magyarázható, hogy a vízben a szerves foszforvegyületek megoszlása kiemelkedően magas az összes foszfortartalom tekintetében (Horváth et al., 2011).

Ugyanakkor a foszfátion egyszerűen ki tud csapódni, azaz csapdába kerül bizonyos elemekkel, amelyekkel vízoldhatatlan vegyületeket alkot. A természetes vizekben a vassal, alumíniummal és a kalciummal jönnek létre rendszeresen foszfor vegyületek. Az ortofoszfátion különböző reakciókban való részvételét a kémhatás és a redoxviszonyok alakítják. A közel semleges pH értékű vízben az ortofoszfát a vassal és az alumíniummal, míg 8-nál nagyobb index vonatkozásában a kalciummal lép könnyebben kapcsolatba. Az oxigén jelenlétének fontos szerepe van a foszforkicsapódás lejátszódásában. A vas a tóvízben oxigénben telített viszonyok között három vegyértékű, ezért könnyű szerrel alakul ki FePO_4 , ami vízben oldhatatlan, így az üledékbe kerül. Anaerob környezetben azonban a vas két vegyértékű molekulává redukálódik és ezzel a foszfát újra vízoldható állapotba kerül ($\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2$).

Következésképpen a tavak üledéke a ciklus esszenciális része, hiszen „foszforpufferként” szolgál. A rendszerbe lépő foszfor körforgásba kerül, fokozza a biológiai produkciót és a folyamatot eutrofizációval zárja (Barótfi, 2000). Vagyis a foszfor halastavi környezetben ugyan javítja a termelékenységet, de fokozott dózisban a vízvirágzás és az ebből adódó oxigénszegény környezetnek az okozója (Hegyi és Lefler, 2016). Az álló vizeket a foszfortartalom alapján 10 mg/m^3 sűrűség alatt oligotrófnak, 20 mg/m^3 felett pedig eutróf tavaknak hívjuk (Barótfi, 2000).

4. ábra: A foszfor körforgás halastavakban

(Forrás: *Budapesti Műszaki -és Gazdaságtudományi Egyetem, Építőmérnöki Kar (2017):
Vízminőségsszabályozás: Vízminőség, vízminősítés*)



2.6. A víz szervesanyag-szennyezettsége- és oldott oxigén rendszere

A víz minőségének vizsgálatakor tisztában kell lenni annak szervesanyag tartalmával, hiszen ez az adat reprezentálja leghatékonyabban természetes vizeink szennyezettségét. Nagy mennyiségű szervesanyag juthat a lakossági, valamint az agrár- és ipari szennyvíz által a környezetbe, melyek azonnal átalakulásnak indulnak. A mikrobák felhasználják és ezzel fixálják a víz szerves széntartalmát, azonban a folyamathoz megfelelő oxigénellátottság szükséges. Ebből kifolyólag, illetőleg a vízben széles spektrumban- és változatosságban megjelenő organikus vegyületek miatt a szervesanyag-szennyezettség mérésére univerzális és közvetetten értelmezhető eljárások váltak használatossá (Barótfi, 2000). Az alkalmazott módszerek közé tartozik a biológiai oxigénigény (BOI) a kémiai oxigénigény (KOI) és az összes szerves szén (TOC) meghatározása (Hegyi, 2015).

2.6.1. A biológiai oxigénigény (BOI)

A biológiai vagy biokémiai oxigénigény azt mutatja meg, hogy az adott víztömegben mekkora a készlete a mikroorganizmusok rendelkezésére álló feltárható és lebontható, de nem toxikus szervesanyagnak. A folyamat során a mikroszkopikus sejtes élőlények oldott oxigén felhasználását követjük nyomon (Hegyi, 2015). Vagyis a mérés alapja, hogy a közegben található oxidálható szerves szénvegyületek nagysága összefüggést mutat a mikrobák oxigén fogyasztásának gyorsaságával (Barótfi, 2000). A BOI tehát az oxigénnek az a tömege, amely 5 nap alatt 20°C-os hőmérséklet biztosítása és kellő oxigénellátottság mellett a vízben található organikus anyagok biológiai lebontásához kell. A biológiai oxigénigény mértékegységét milligramm/liter-ben fejezzük ki (Horváth, 2009).

2.6.2. Kémiai oxigénigény (KOI)

A BOI determinálását több vitatható tényező is befolyásolja a mérgező anyagok effektusa mellett, ezért a szervesanyag csak egy részének mérésére van lehetőség. A vízkémiai

vizsgálatok terén ebből fakadóan népszerűbb az alaposabban roncsoló és precízebben értékelhető kémiai oxigénigény (KOI) alkalmazása. Ez esetben kémiai módszerrel, oxidálószerrel állapítjuk meg a szervesanyag lebontását kielégítő oxigén mennyiséget. A kémiai -és biológiai oxigénigényt a vizek szennyezettségének tekintetében mégis sok esetben közösen értékeljük. A reakcióhoz használatos oxidálószer a kálium-permanganát és a mára elterjedtebben alkalmazott kálium-bikromát.

2.6.3. Szerves széntartalom (TOC)

A KOI részéről probléma lehet azonban, hogy bizonyos anorganikus anyagok is kapcsolatba lépnek az oxigénnel a felhasznált szer hatására (Somlyódy, 2018). A vizek szerves széntartalom mennyiségének kimutatása a kémiai oxigénigényhez hasonlóan közismert, ám hatékonyabb mérés. A vizsgálat arra épül, hogy a vízben lejátszódó oxidáció hatására az ott megtalálható organikus vegyületek szén tömegéből szén-dioxid keletkezik. Ezáltal kalkulálható a szén, illetve a megoszlást követve a szerves-anyag koncentrációja is. A szerves széntartalom vizsgálata kapcsán annak céljától, illetve a tanulmányozott minta származásából adódóan több elegyet nevezhetünk meg. A leggyakrabban használt mutató az összes szerves széntartalom (TOC), mely a szervesen kötött szén összességét határozza meg az elemzett mintából (Barótfi, 2000).

3. Alkalmazott módszerek

3.1. A mintavételi területek

A vízmintákat a Gödöllő- és Isaszegi-tórendszert meghatározó 11 tóból (5. ábra), illetve a Rákos-patak Gödöllői Földhivatal előtt található részéből vettük. A vízfolyás mintavételi pontja Gödöllő beépített területén belül az Ady Endre sétány Rákos-patak fölött átívelő szakaszának magasságában található. A tavakból nyert víz minden esetben azok kifolyója vagy lecsapoló műtárgyának területéről származtak.

5. ábra: A Gödöllő-Isaszeg tórendszer vizsgált tavai

(Forrás: Saját szerkesztés, Google Earth)



A mintavétel helyeit az alábbi táblázatban foglaltuk össze (2. táblázat).

2. táblázat: Vízmintavételi helyek GPS koordinátái

(Forrás: Saját szerkesztés, Google Térkép)

Vízterület	GPS koordináta (N)	GPS koordináta (E)
Rákos-patak	47.591523352301216,	19.35414627398916
1. tó	47.5733177181162,	19.362567383572554
2. tó	47.57044977468761,	19.363524458023942
3. tó	47.56634377372083,	19.367442041506077
4. tó	47.562515270489016,	19.37445312235708
5. tó	47.56193251141653,	19.372739818493518
6. tó	47.55976984388395,	19.374845498286493
7. tó	47.555909384111644,	19.37817988687079
8. tó	47.552231328165625,	19.380642523788282
9. tó	47.54678730231288,	19.382214823583375
10. tó	47.53877601192778,	19.384319772269436

11. tó	47.53655916387551,	19.385840906208944
---------------	--------------------	--------------------

3.2. A mintavétel menete

A vizsgálsorozatot 2023 február 14-én kezdtük és az utolsó mintavétel ugyan ebben az évben szeptember 27-én zajlott le. A munkát rendszerint kéthetes ismétlésekben végeztük, így összesen 17 alkalommal vizsgáltuk meg az említett területekről származó mintákat. A mintavételeket délelőtt, 9 órakor kezdtük, melynek első állomása a Rákos-patakon kijelölt pont volt. Ezután a tavakon sorrendben Isaszeg irányába haladva folytatódott a kutató munka terepi része. A mintavételi helyszíneken különböző szondák segítségével vizsgálat alá esett a vizek pH értéke oxigén koncentrációja- és telítettsége, hőmérséklete és fajlagos elektromos vezetőképessége.

3.3. A terepi munka eszközei

A helyszíni munkánk elvégzésében a legfontosabb műszer a Hach HQD40 készülék volt (6. ábra). A víz hőmérséklet, az oxigénkoncentráció és az oxigéntelítettség meghatározását a HQD40 multiparaméteres, LDO lumineszcenciás oxigénszenzorral rendelkező mérőeszközzel végeztük. A pH-értéket és a fajlagos elektromos vezetőképességet is a HQD40 multiparaméteres mérőeszközzel határoztuk meg, de természetesen az ehhez csatlakoztatható, megfelelő szonda segítségével. Az algabiomassza klorofill meghatározásához AlgaeTorch mérőműszert alkalmaztunk.

A vízmintákat tételenként 2 liter űrtartalmú műanyag edényekbe gyűjtöttük és szállítottuk a laboratóriumba. A vízszint ingadozása miatt alkalmanként nehezen megközelíthetővé váltak a minta vételi pontok, ezért ilyen esetekben teleszkópos mintavevő botot vettünk igénybe a víz eléréséhez.

6. ábra: A Hach HQD40 készülék és a hozzá tartozó szondák

(Forrás: Saját szerkesztés, Google Chrome)



3.4. A laboratóriumi vizsgálat menete

A laboratóriumi körülmények a kísérlet során valahány esetben megfelelően, annak szakszerűségét és sikerességét alátámasztva álltak rendelkezésünkre. Az összes vízminta felvétele és terepi értékelése (vízhőmérséklet, oxigén mennyiség, oxigén telítettség, fajlagos elektromos vezetőképesség, pH) után azok azonnal a laboratóriumba kerültek, ahol a mérések folytatódtak. A laboratóriumban végzett munka eredményeként jutottunk hozzá a tavak vizében mérhető nitrition (NO_2^-), nitrátion (NO_3^-), ammóniumion (NH_4^+), szabad ammónia (NH_3) és orto-foszfátion (PO_4^{3-}) tartalom az algabiomassa, valamint a kémia oxigénigény (KOI) az összes szerves széntartalom (TOC) és az összes ion koncentráció mértékéhez. A TOC és KOI értékeket a többitől eltérően havi rendszerességgel elemeztük. Ezen túl megfigyeltük a mintákban tapasztalható algavegetációt, mely kapcsán a teljes klorofill-a és a cianobakteriális klorofill-a koncentrációját határoztuk meg.

3.5. A laboratóriumi vízvizsgálatok során alkalmazott eszközök és reagensek

Az összes ionkoncentrációt a fajlagos elektromos vezetőképességből származtattuk. A nitrogénformák vizsgálatához a Hach DR900 típusú spektrofotométert alkalmaztuk.

A nitrition koncentráció felméréséhez NitritVer reagenst (2107169), a nitrátion koncentráció analizálásához pedig NitratVer reagenst (2106169) használtuk. Az ammóniumion koncentrációkat Ammonia Salicylate (2653299) és Ammonia Cyanurate (2653199) reagensek segítségével értékeltük. A kapott eredményből a pH-értékek figyelembevételével számítottuk a szabad ammónia koncentrációkat. Az összes nitrogénkoncentráció jellemzése szintén származtatással történt a nitrit-, a nitrát- és az ammóniumion mennyiségekből. Az orto-foszfátion sűrűségét a PhosVer reagens

felhasználásával (2106069) állapítottuk meg, ugyancsak Hach DR900 típusú spektrofotométer alkalmazásával.

A klorofill-a-t, vagy más néven a-klorofill-t az ún. algafáklyával (AlgaeTorch) határoztuk meg. A műszer segítségével, a cianobakteriális klorofill-a koncentrációját, illetve a teljes klorofill-a koncentrációt pontosan el tudtuk különíteni. Mivel az ugyanabba az osztályba tartozó algák hasonló mennyiségű és minőségű fotoszintetikus pigmentet tartalmaznak, a fluoreszcencia-gerjesztési spektrumuk (a 680 nm rögzített kibocsátási hullámhosszon) szignifikáns. Ezért az algák osztályai között a fluoreszcencia-gerjesztési spektrumuk alapján lehet különbséget tenni. Az algafáklya az algák megkülönböztetése érdekében 7 LED-et használ a fluoreszcencia-gerjesztésére. A LED-ek három kijelölt hullámhosszú (470 nm, 525 nm és 610 nm) fényt bocsátanak ki.

A szerves anyag terhelés méréséhez igénybe vett KOI_k elemzése (cikkszám: 1.18752.0001) KOI küvetta tesztel történt. A minták előkészítését Merck Spectroquant Thermoreactor TR 320 típusú roncsolóval, a tényleges koncentráció mérést pedig NOVA 60 típusú spektrofotométerrel végeztük. Az összes szerves szén megállapításához TOC küvetta tesztet használtunk (cikkszám: 1.14878.0001). Az előkészítés és a koncentráció mérésének eszközei a KOI meghatározásával azonosak voltak.

3.6. Adatok feldolgozása, statisztikai értékelése

A vizsgálat eredményeinek rögzítésére, tárolására, kiértékelésére és megjelenítésére Microsoft Office Word, Microsoft Office Excel, GraphPad Prism és Adobe Acrobat programokat használtunk. A vízhőmérsékleti eredményeket t próbával hasonlítottuk össze. Az átlagos pH-, mérgező szabad ammónia-, klorofill-a- és összes szerves szén-, valamint a fajlagos elektromos vezetőképesség eredményeit egyszempontos varianciánálízis Tukey's teszt (ANOVA) segítségével vetettük össze. Munkánkat Canon típusú tükörreflexes fényképezőgéppel dokumentáltuk.

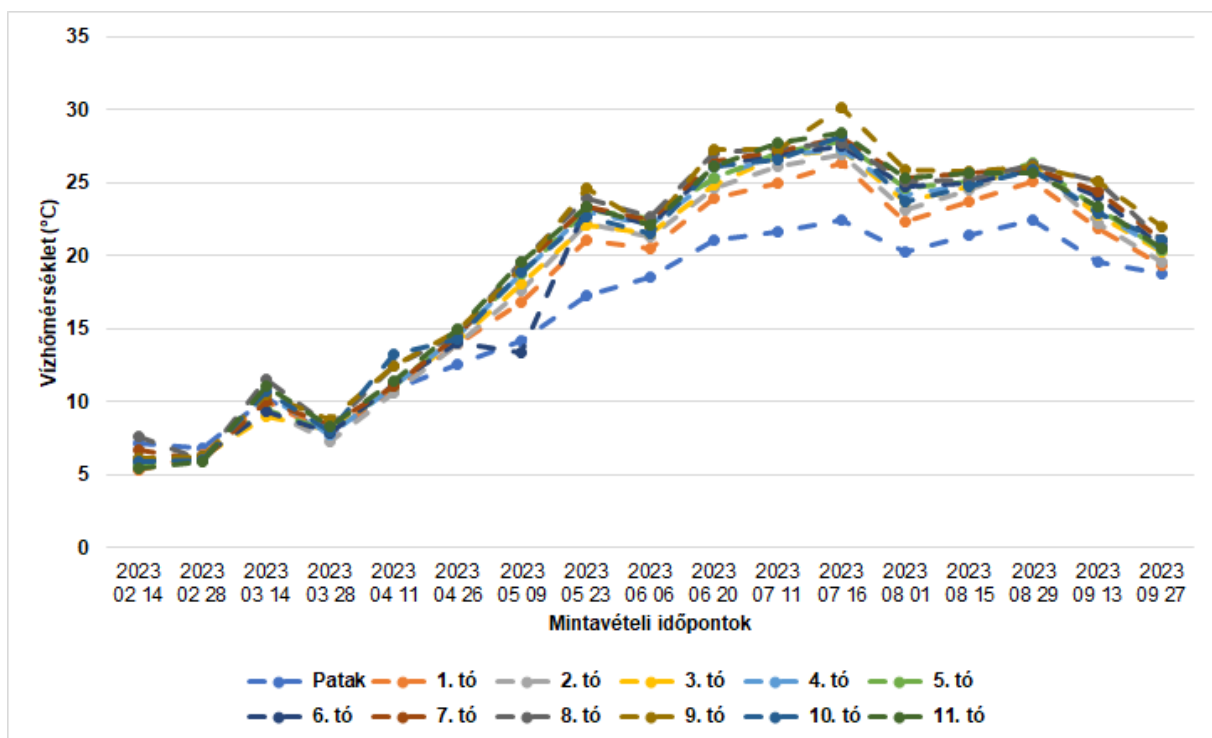
4. Eredmények és értékelésük

4.1. Vízhőmérséklet eredményei

A vízhőmérsékleti adatok szerint a patak vize volt az egész vizsgálati időtartam alatt a leghűvösebb (7. ábra), amely betudható annak is, hogy a nyári időszakban tapasztalt erős napsütésnek nem volt kitéve. A második leghidegebb viztest a Rákos-patak táplálta 1 sz. horgásztó volt a tenyészidőszakban. A felmelegedés a 9. sz. tóban volt a legnagyobb, amely valószínűleg abból adódott, hogy a tórendszer legnagyobb kiterjedésű tava és az árnyékot adó fák mennyisége elenyésző. Ezek a vízhőmérséklet különbségek viszont statisztikailag nem voltak igazolhatóak (Patak - 9 tó $P = 0,1437$).

7. ábra: A vízhőmérsékletek alakulása a vizsgált vizekben

(Forrás: saját munka)



4.2. Oxigén háztartás

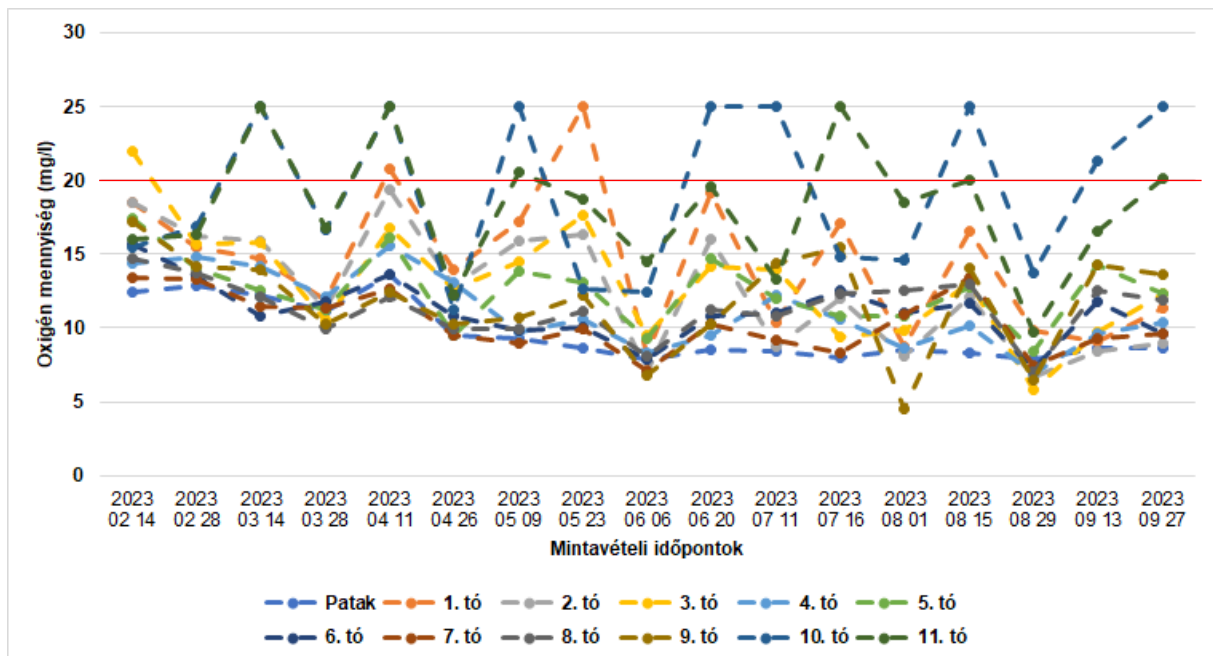
4.2.1. Oxigén mennyiség, oldott oxigén eredményei

Az oxigén koncentráció a legtöbb tó esetében ideálisnak mutatkozott a vizsgálat során (8. ábra). Néhány kivételtől eltekintve az oxigén mennyisége kielégítő volt, de augusztus legelején egy erős, markáns hidegfront néhány tó vizében jelentős oxigénszint csökkenést eredményezett. A 9. sz. tavat illetően a tűrhető határérték alá (5 mg/l) csökkent az oxigén

koncentrációja, de súlyos problémát nem okozott. Az utolsó két vizsgált tónál (10. és 11. tó) többször is előfordult, hogy az oxigén mennyisége 25 mg/l liter fölé emelkedett, amely káros is lehet. A napsütéses nyári napokon a növények aktív oxigén kibocsátása idején, ha túl sok oxigén halmozódik fel az gyakran a halak pusztulásához is vezethet. Ez a betegség az úgynevezett gáz-, vagy légembólia. Amennyiben a vízben oldott gázelegy önmagában nem toxikus, elképzelhető, hogy a szövetekben való oldódást követően a folyadékterekben való kiválása buborékbetegség kialakulásához vezet. A légembólia, mind az érrendszerben, mind pedig a nyirokerekben létre jöhet, súlyosabb esetben sokkot eredményezve.

8. ábra: Az oxigén koncentrációk alakulása a vizsgált vizekben (tűrhető határérték pirossal)

(Forrás: saját munka)

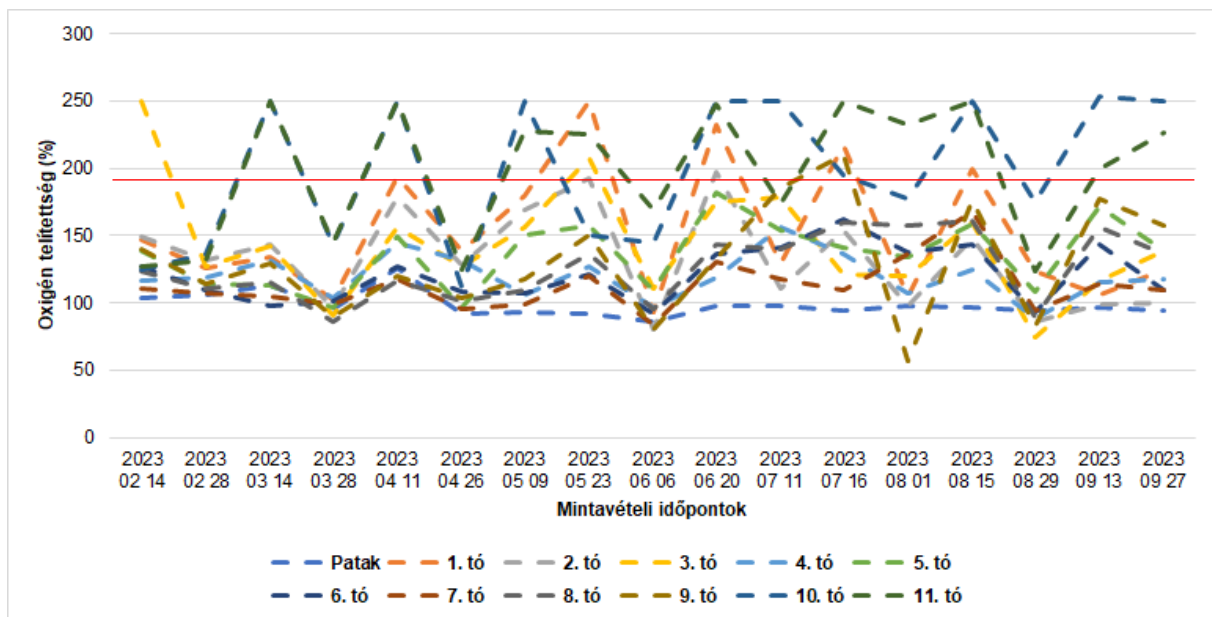


4.2.2. Oxigén telítettség eredményei

Az oxigén telítettség azt jelenti, hogy a vízben a mintavétel idején uralkodó körülmények között a levegővel egyensúlyban lévő oxigén mennyiségének hány százaléka van oldva. Az oxigén oldódása függ a hőmérséklettől és a légnyomástól. A gyakorlaton csak a hőmérséklettel alkotott kapcsolatot vesszük figyelembe. Mivel a vízhőmérsékleti adatok közel azonosak voltak a tavakban, így az oxigén telítettségi értékek jelentős egyezést mutatnak az oxigén mennyiségekkel (9. ábra). A 10. és 11. tó mellett az 1. és 2. sz. tóban tapasztaltunk magas oxigén telítettséget, többször 150-200% feletti mutatókat is mértünk. Természetesen a patak vizében volt a legalacsonyabb az oxigén telítettsége, hiszen az oxigén koncentráció és a

víz hőmérséklet ezeknél a mintáknál volt a legkisebb. A csekély oxigén koncentráció nem jelentette azt, hogy a halastavi határérték alatt (40%) alakultak volna az értékek, mert a legalacsonyabb oxigén telítettség 85,6% volt.

9. ábra: Az oxigén telítettség alakulása a vizsgált vizekben (tűrhető határérték pirossal)
(Forrás: saját munka)

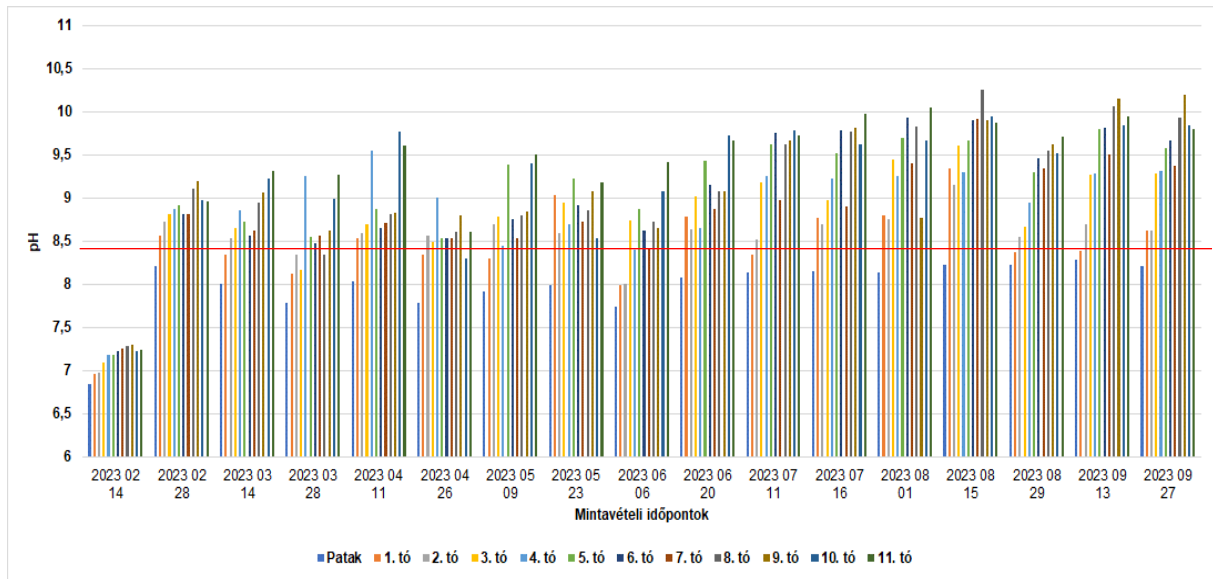


4.3. Kémhatás (pH) eredményei

A pH érték február közepéig kielégítő volt minden vízoszlopban. Vízből febr. végétől már a szezon kezdetéről beszélhettünk, hiszen a kémhatás jelentősen megemelkedett, amely a fitoplankton-szervezetek növekedésével hozható szoros összefüggésbe. Ezt az időszakot tekintve a pH érték a patakban és az első négy tóban volt megfelelő, bár a 4. sz. tó esetében tavasszal (március) igen magas számokat mérhettünk, amely később valamelyest mérséklődött. A teljes vizsgálati időszakot tekintve gyakorlatilag az 5. sz. tó vonalától a folyás irányt követve valamennyi vízterület kimagasló pH értékkel jellemezhető (10. ábra).

10. ábra: A kémhatás alakulása a vizsgált vizekben (tűrhető határérték pirossal)

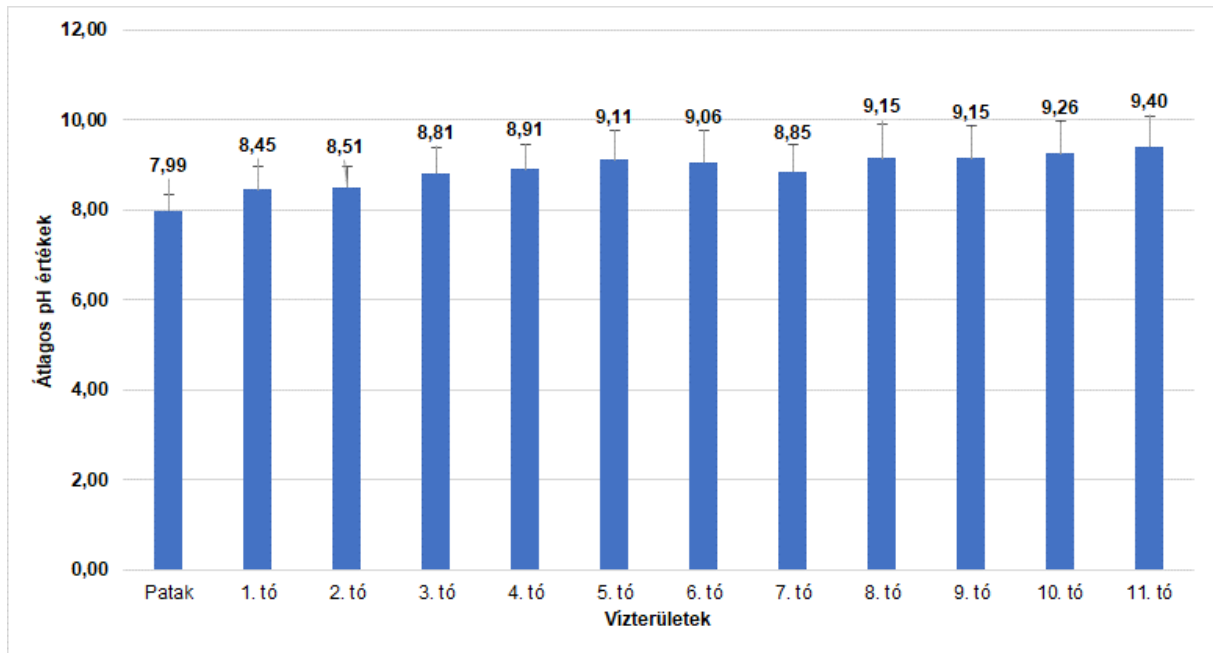
(Forrás: saját munka)



Az elemzett időtartam átlaga az 5-11. sz. tavaknál lényegében 9 feletti pH értékkel írható le (11. ábra). A patak átlagához képest csak az 1. és 2. sz. tó nem tért el statisztikailag (ANOVA), viszont a többi tó vonatkozásában szignifikáns különbséget lehet kimutatni. Ez azt is jelenti, hogy az 1. és 2. sz. tó átlagos pH értéke kifejezetten ideálisan alakult a tenyészszезon alatt a többi vízterülethez képest. Valójában az 1. sz. tóval összevetve a 8-11. és a 2. sz. tóhoz hasonlítva csak a 10-11. sz. tó átlagértékei között találtunk statisztikailag igazolható különbséget (ANOVA).

11. ábra: Az átlagos kémhatás a vizsgált vizekben

(Forrás: saját munka)



A legmagasabb pH értékek a nyári kánikulában az utolsó négy tóban fordultak elő, ahol többször is elérte a pH a 10-es indexet. A pH értékének eltérése a tűrhető határértéktől önmagában is veszélyes lehet a halfaunára nézve, hiszen a halak pusztulását is okozhatja (<5 illetve <9), de jelentősebb probléma, hogy a mérgező szabad ammónia (NH_3) kialakulásában is igen fontos szerepet játszik.

4.4. Fajlagos elektromos vezetőképesség eredményei

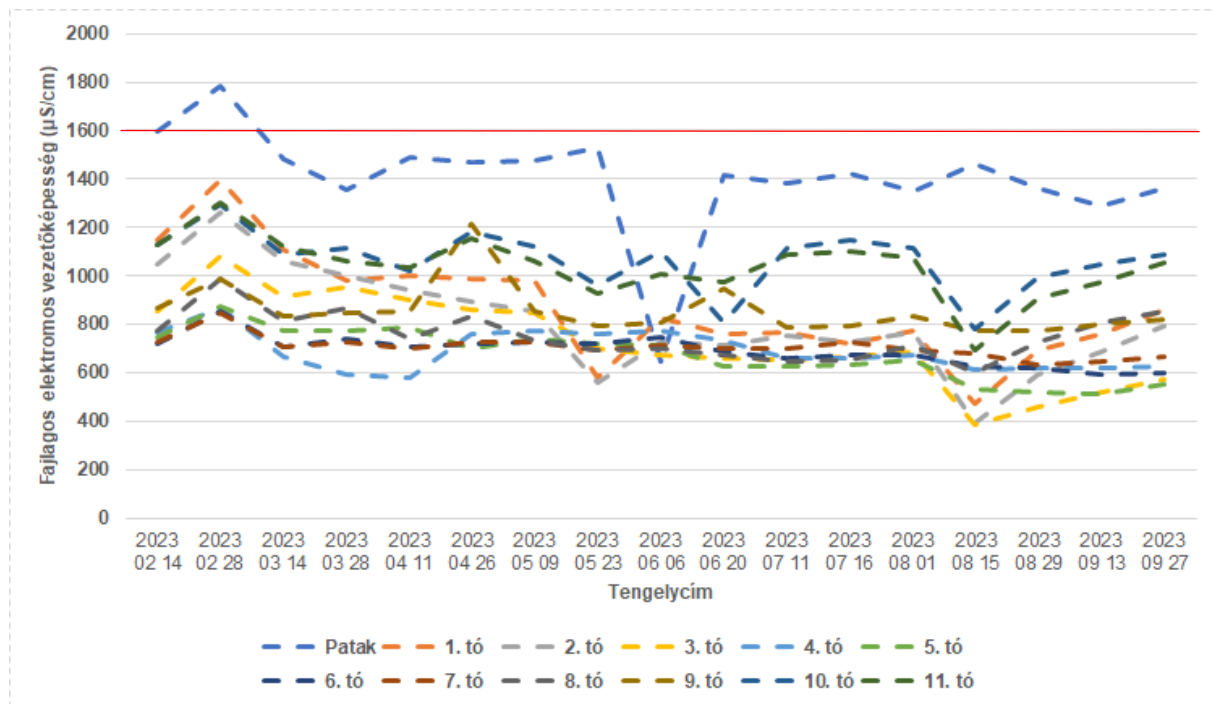
A fajlagos elektromos vezetőképesség a víz azon tulajdonsága, mely megmutatja, hogy a közeg milyen mértékben képes átengedni az elektromos áramot. Értéke a vízgyűjtőt alkotó alapkőzettől és a mederanyag összetételétől függő háttérkoncentráción (geokémiai háttérterhelés) alapul, de a vízháztartás is befolyásolja. A víz fajlagos elektromos vezetőképességéből tudunk következtetni a közeg összes ion koncentrációjára (lásd 4.2.5. fejezet).

A fajlagos elektromos vezetőképesség szempontjából a vízterületek három részre oszthatók (12. ábra). A legmagasabb vezetőképesség egyértelműen a Rákos-patakban volt mérhető, amely statisztikailag is bizonyíthatóan eltért az összes többi vízterülettől (ANOVA, $P < 0,001$). A másik csoport a 10. és 11. sz. tó, ahol az egész éves vezetőképesség átlaga $1051,7 \mu\text{S}/\text{cm}$, míg a további tavaknál csak $753,7 \mu\text{S}/\text{cm}$ volt tapasztalható. A 1. sz. – 9. sz., illetve a 10. és

11. sz. víztestek között minden esetben találunk statisztikailag igazolható különbséget (ANOVA).

12. ábra: A fajlagos elektromos vezetőképesség alakulása a vizsgált vizekben (tűrhető határérték pirossal)

(Forrás: saját munka)



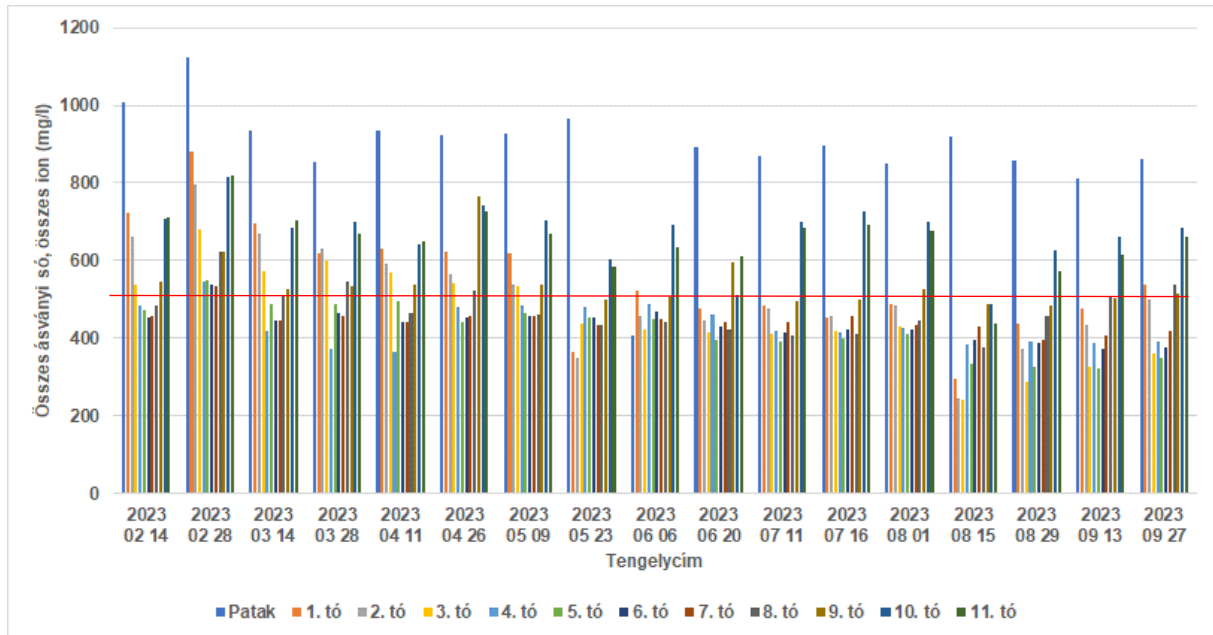
4.5. Összes ásványi só, összes ion koncentrációk eredményei

Az oldott ásványi sók (anionok és kationok) koncentrációjával arányos a víz elektromos vezetőképessége. Az oldott ionok a vizekben gyenge elektrolit oldatot képezve vezetnek az elektromos áramot. A hőmérsékletre való standardizálás azért szükséges, mert a vezetőképesség minden egy °C hőmérséklet-emelkedéssel megközelítőleg 2%-kal nő.

Mivel az összes oldott ásványi anyag nagymértékben függ a fajlagos elektromos vezetőképességtől, így nem meglepő, hogy a patak vizének volt a legmagasabb az összes ion koncentrációja. A völgyzárógátas tórendszeren a két utolsó tóban ugyancsak magasabb értékek voltak mérhetőek, átlaguk 662, 6 mg/l volt. A tórendszer többi tavának esetében az átlag csupán 474,8 mg/l-et mutatott (13. ábra). Összességében elmondható, hogy a patak, valamint a 10. és 11. sz. tavak kivételével a vizek összes ion koncentrációja alacsony, az ideálistól (500-1000 mg/l) kissé eltérő.

13. ábra: Az összes ion koncentrációk alakulása a vizsgált vizekben (tűrhető határérték pirossal)

(Forrás: saját munka)

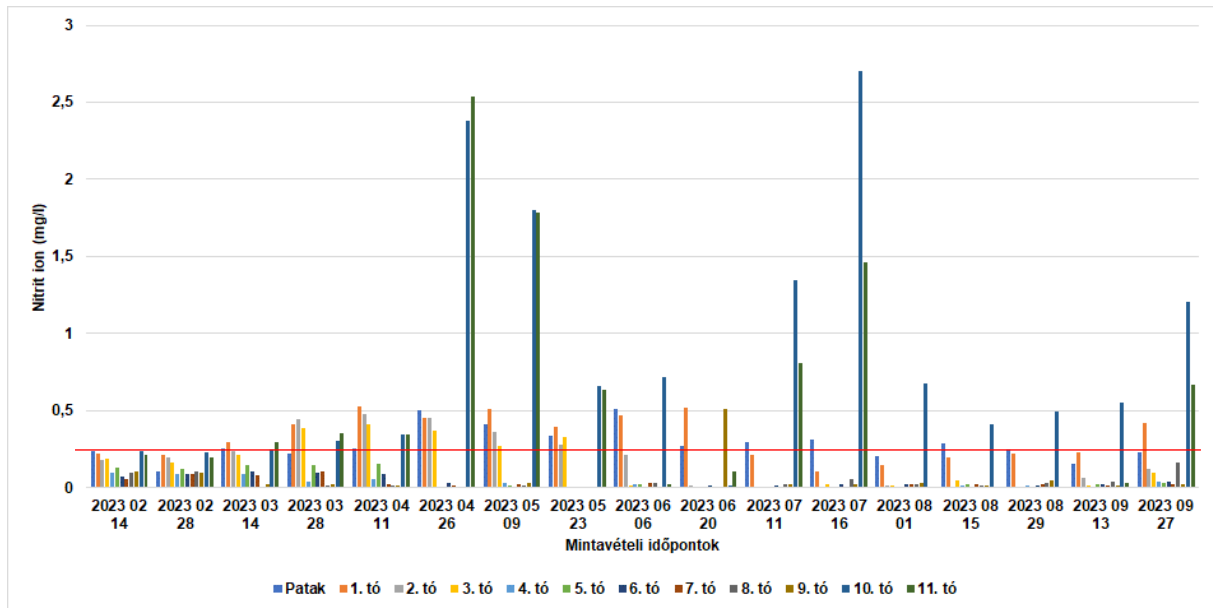


4.6. Nitrition koncentrációk eredményei

A nitrition koncentrációja rendkívül mozaikos volt, akár két egymást követő mintavétel alkalmával is. A tél végi és a kora tavaszi időszakig a tűrhető határértéken belül (0,3 mg/l) alakult a nitrition szintje minden víztípust figyelembe véve. Ezután május végéig a patakban és az első három tóban a NO_2^- előfordulása elérte a tűrhető határértéket, vagy meg is haladta azt. A többi víztestet illetően ilyen jellegű növekedést nem tapasztaltunk (14. ábra).

14. ábra: A nitrition koncentrációk alakulása a vizsgált vizekben (tűrhető határérték pirossal)

(Forrás: saját munka)



Érdekes megfigyelés volt a két utolsó víztest (10. és 11. sz. tó) nitrition koncentrációinak alakulása. A két tavat vizsgálva időről-időre találkozhattunk drasztikusan kiugró értékekkel is, amelyek 2-9-szeresen haladták meg a tűrhető szintet. Az adatok elemzése során a tápláló Rákospataktól a 9. sz. tóig 0,02 – 0,42 mg/l között változtak a nitrition átlagai, majd a 10. sz. tónál hirtelen az átlagos koncentráció 1,2 mg/l-re növekedett, a 11. sz. tónál pedig ez az érték 0,67 mg/l volt. A jelenség nagy valószínűséggel nem a felső tavak szennyezettségére utal, hanem egy folyamatos pontszennyezés lehet a háttérben. Elképzelhető lehet még az is, hogy a 10. sz. tóban a *Nitrosomonas*, *Nitrospira*, *Nitrococcus* stb. nitrifikáló baktériumok megnövekedett tevékenysége okozta a változást.

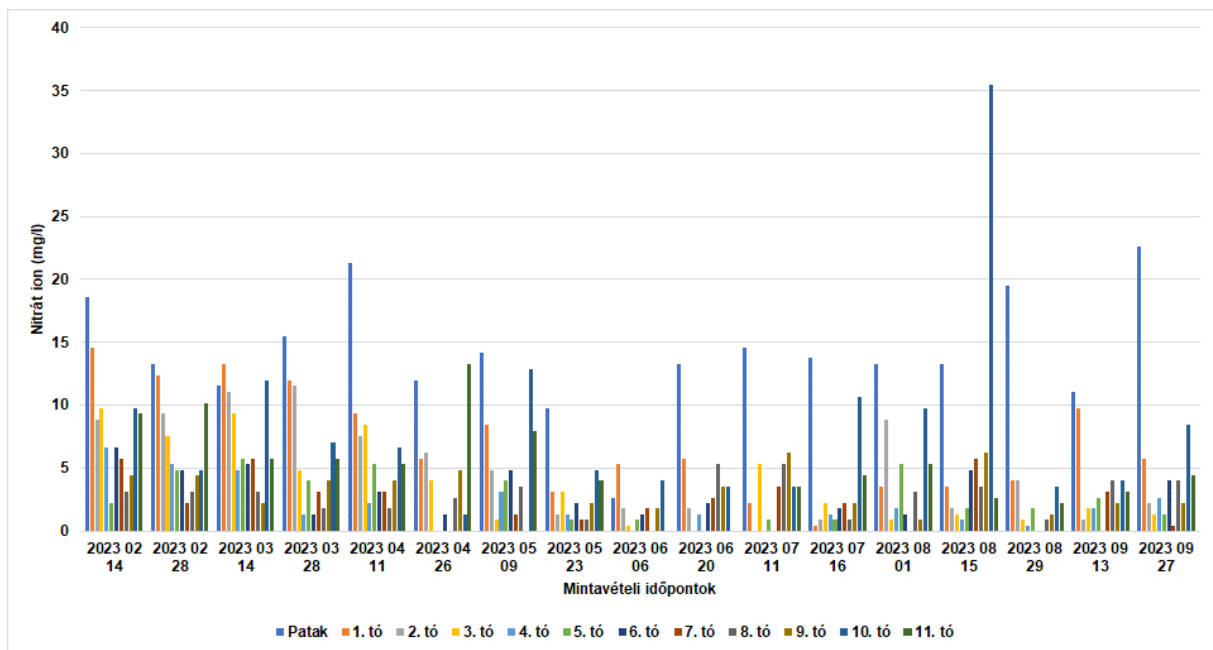
4.7. Nitrátion koncentrációk eredményei

A nitrátion koncentráció tűrhető határértéke halastavakban 20-40 mg/ liter között változhat. Jelen esetben a tavakban kiugróan magas értéket nem regisztráltunk (15. ábra). A vizeket egymáshoz viszonyítva azt tapasztaltuk, hogy az 1 sz. tó átlaga 7 mg/l, a 2. sz. tavon pedig 4,87 mg/l volt érzékelhető, amely adódhatott a patak magasabb nitrátion terheléséből. A folyásiránynak megfelelően a következő víztömegekben stagnált a nitrátion koncentrációja (2,06 – 3,64 mg/l között változott). A 10. sz tó esetében az átlagos nitrátion sűrűsége újra megemelkedett (8,36 mg/l), amely kihatással volt az utolsó tóra is (11. sz tó átlaga 5,13 mg/l). Az egész szezont és az összes tavat együtt értékelve elmondható, hogy a vizsgálati idő

kezdetétől májusig magasabb koncentrációkkal találkoztunk, mint a nyári vegetációs időszakban. Az állóvizekhez képest a Rákos-patak nitrátion szintje teljesen eltérően formálódott és majd mindegyik mintavétel alkalmával itt találkozhattunk a legmagasabb mérőszámokkal. A május végi és június eleji eredményektől eltekintve valamennyi esetben 10 mg/l feletti értékek voltak meghatározhatók. A Rákos-patak átlagos nitrátion koncentrációja $14,11 \pm 4,66$ mg/l volt.

15. ábra: A nitrátion koncentrációk alakulása a vizsgált vizekben

(Forrás: saját munka)

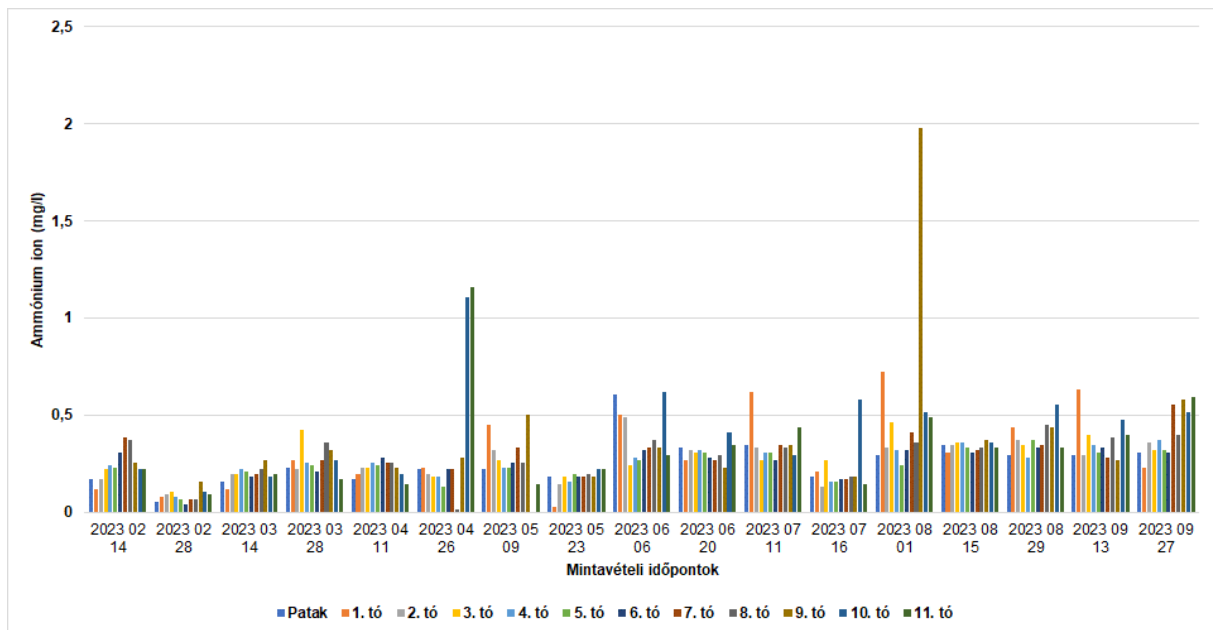


4.8. Ammóniumion koncentrációk eredményei

Az ammóniumion önmagában nem toxikus a halakra nézve, de a belőle kialakuló szabad ammónia viszont idegméregként hat és elhulláshoz vezethet. A koncentráció felső tűrhető határértéke 2,5 mg/l, de valójában az alacsonyabb előfordulás is okozhat problémát, hiszen a pH érték befolyásolja az ammóniumból (NH₄) történő szabad ammónia (NH₃) kialakulását.

16. ábra: Az ammóniumion koncentrációk alakulása a vizsgáltvizekben

(Forrás: saját munka)



Az ammóniumion gyakorisága 86%-ban 0,5 mg/l alatt változott a teljes vizsgálati periódust tekintve. 1 mg/l feletti koncentrációt kizárólag április végén a 10. és 11. sz. tóban mérhettünk. Szinte minden mintavétel alkalmával kaptunk kiugró értékeket, de nem konzekvensen egy-egy tó esetében (16. ábra). A tavak átlagai $0,12\text{-}0,39 \pm 0,14$ mg/l között mozogtak és a legalacsonyabb ammóniumion koncentrációkat a Rákos-patakból, valamint a 4. és 6. tóból tudtuk meghatározni ($0,12 \pm 0,14$ mg/l).

4.9. A szabad ammónia koncentrációk eredményei

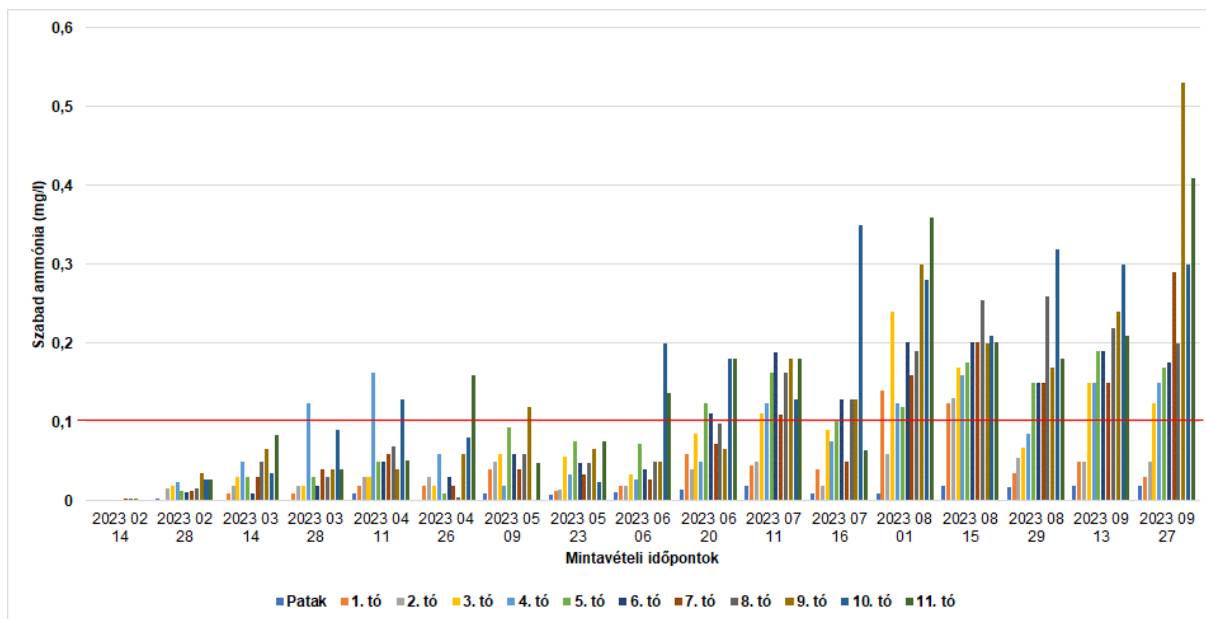
A mérgező szabad ammónia a pH értékből, illetve az ammóniumion mennyiségéből származtatott érték, ezért a két paraméter befolyásolja a kialakuló koncentrációkat. A tartósan magas pH következménye az ammónia (NH_3) mérgezés. Ilyenkor a kopoltyún és a bőrön elhalásokat tapasztalhatunk, valamint meszesedést a kiválasztás szerveiben (nephrocalcinózis).

Elmondható, hogy a szabad ammónia koncentrációja alacsony volt a tenyésztés kezdetén, kivételt csak a 4. sz. tó, illetve a 10. és 11. sz. tavak jelentettek, mert a tűrhető határértéket (0,1 mg/l) meghaladták (17. ábra). A 4. sz. tó esetében meglehet, hogy a magas nitrogén forrás a kacsá tenyésztésének az eredménye, hiszen ezt a tavat nem klasszikusan horgásztóként üzemeltetik. A kacsatartás során magas NPK arányú szerves trágya keletkezik

(2,8 N; 2,3 P; 1,7 K) a víztestben, majd ezen elemek koncentrációja fokozódik a hőmérséklet- és a halak élettevékenységének növekedésével.

17. ábra: A szabad ammónia koncentrációk alakulása a vizsgált vizekben (tűrhető határérték pirossal)

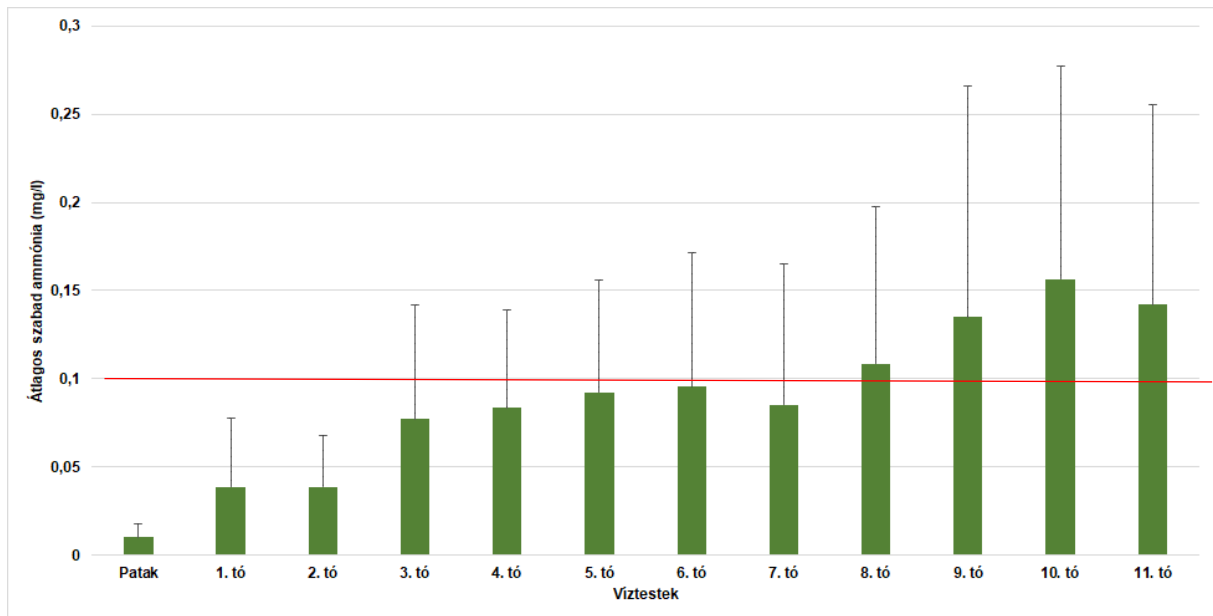
(Forrás: saját munka)



A 4. sz tó mellett jellemzően a 10. és 11. tó eredményei lépték túl a tűrhető határértéket. A folyamatosan magas ammónia szintek augusztus elejétől voltak megfigyelhetőek, de legjelentősebb mértékben a 8., 9., 10. és 11. sz. tavakat érintették. Az átlagos szabad ammónia koncentrációkat a következő ábra mutatja be (18. ábra). A legalacsonyabb előfordulása a szabad ammóniának a Rákos-patakban és az első két tóban volt jellemző. Az adatokat statisztikailag elemezve azt tapasztaltuk, hogy az első három és az utolsó három víztest szabad ammónia koncentrációja között volt eltérés. Szignifikáns különbség a Rákos-patak és a 8., 9., 10., 11. között az 1. és 2. sz., valamint 9., 10., és 11. víztest között volt kimutatható (ANOVA).

18. ábra: Az átlagos szabad ammónia koncentrációk alakulása a szezonban (tűrhető határérték pirossal)

(Forrás: saját munka)

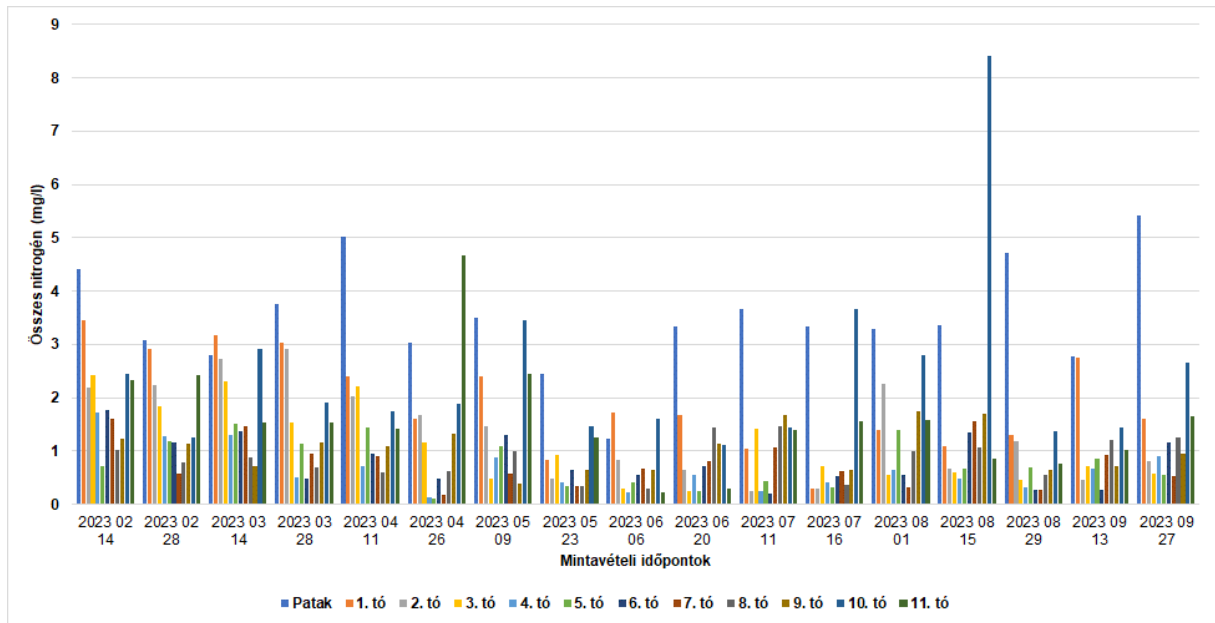


4.10. Az összes nitrogén koncentrációk eredményei

A származtatott összes nitrogén koncentrációkat a nitrit-, nitrát-, illetve az ammóniumionból eredztettük. Jellemzően az összes nitrogén- és a nitrátion grafikus képe hasonlított egymáshoz, függetlenül attól, hogy a származtatott képletben a nitrátionnak van a legkisebb szorzó faktora. Az összes nitrogén gyakorisága a tűrhető határértéket (20 mg/l) nem haladta meg egy esetben sem, de magasabb szintje a Rákos-patakban az első- (1. sz és 2. sz tó) és az utolsó (10. sz és 11. sz tó) két tóban volt megfigyelhető (19. ábra).

19. ábra: Az összes nitrogén koncentrációk alakulása a vizsgált vizekben

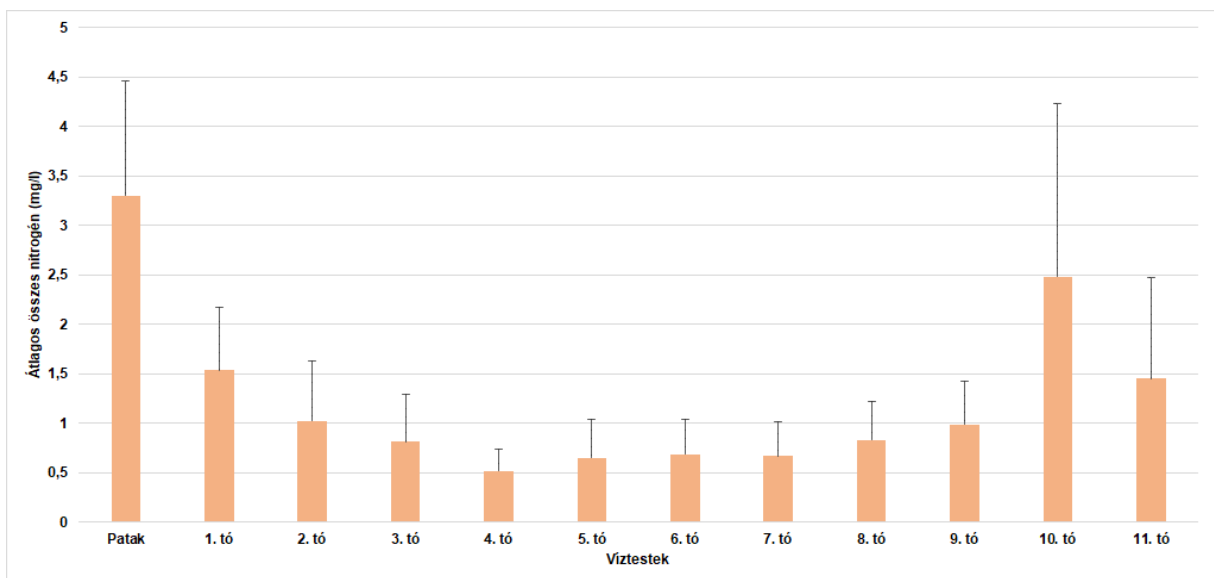
(Forrás: saját munka)



Az egész vizsgálati időt tekintve 1 mg/l feletti átlagos koncentrációt a Rákos-patak mellett csak az 1., 2., 10. és 11. tóban határoztunk meg (20. ábra).

20. ábra: Az átlagos összes nitrogén koncentrációk alakulása a szezonban

(Forrás: saját munka)

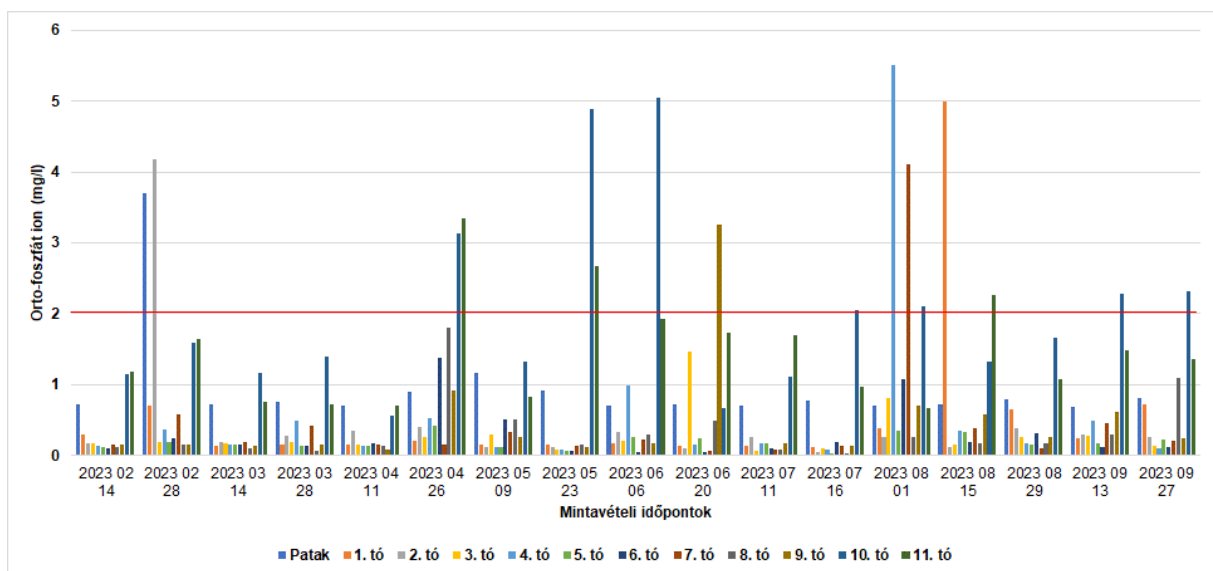


4.11. Az orto-foszfátion koncentrációk eredményei

A növények által hasznosítható orto-foszfátion koncentrációk a víztestekben lényeges eltérést mutattak a teljes kutatás időtartama alatt (21. ábra). Voltak olyan vízterületek (2., 6., 8., 9. tó), ahol egy-két kiugró értéktől eltekintve összeségében alacsonyabb orto-foszfátion sűrűséget mértünk. A Rákos-patakban közepes koncentrációban állandósult az orto-foszfátion megjelenése, de az utolsó két tó eredményei rendkívül magasak voltak mintavételről-mintavételre. A 10. sz. és 11. sz. tó átlagai ($1,99 \text{ mg/l} \pm 1,29 \text{ mg/l}$; $1,47 \text{ mg/l} \pm 0,76 \text{ mg/l}$). Ezeknél a tavaknál nem túlzás roppan magasnak definiálni az orto-foszfátion sűrűségét (tűrhető határérték 2 mg/l), hiszen a nyári meleg időszakban a $0,3\text{-}0,5 \text{ mg/l}$ koncentráció is már nagymértékben elősegítheti az algabiomassza növekedését. Amennyiben visszagondolunk a nitrit-, nitrátió és a szabad ammónia eredményeire, akkor az orto-foszfátion a negyedik olyan paraméter, amelynek eredményei az utolsó víztestek vonatkozásában kiemelkedő. Valószínűleg ez nem lehet véletlen. A 9. sz. - 10. sz. tó között feltételezhető valamiféle folyamatos szennyezés, amelyet érdemes lenne feltárni.

21. ábra: Az orto-foszfátion koncentrációk alakulása a vizsgált vizekben (tűrhető határérték pirossal)

(Forrás: saját munka)



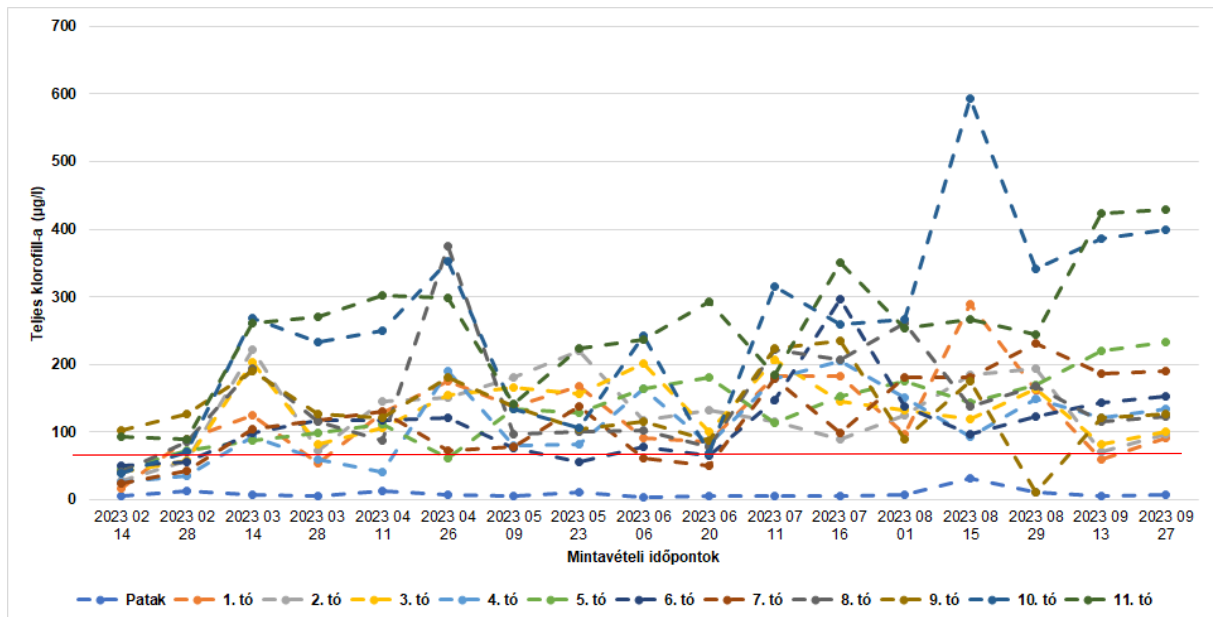
4.12. A teljes klorofill-a koncentrációk eredményei

A teljes klorofill-a koncentrációkat a következő ábra mutatja be (22. ábra). A garfikorról azonnal leolvasható, hogy a Rákos-patakban az algabiomassza a teljes vizsgálati időszakot

tekintve folyamatosan alacsony volt. Ezzel szemben a tavak zöménél csak a februári mintavételek alkalmával tudtunk a tűrhető határérték (80 µg/l) alatti biomasszát meghatározni, amely azt jelenti, hogy a tórendszer szerves anyag-, nitrogén- és foszfor terheltséges magas.

22. ábra: A teljes klorofill-a koncentrációk alakulása a vizsgált vizekben (tűrhető határérték pirossal)

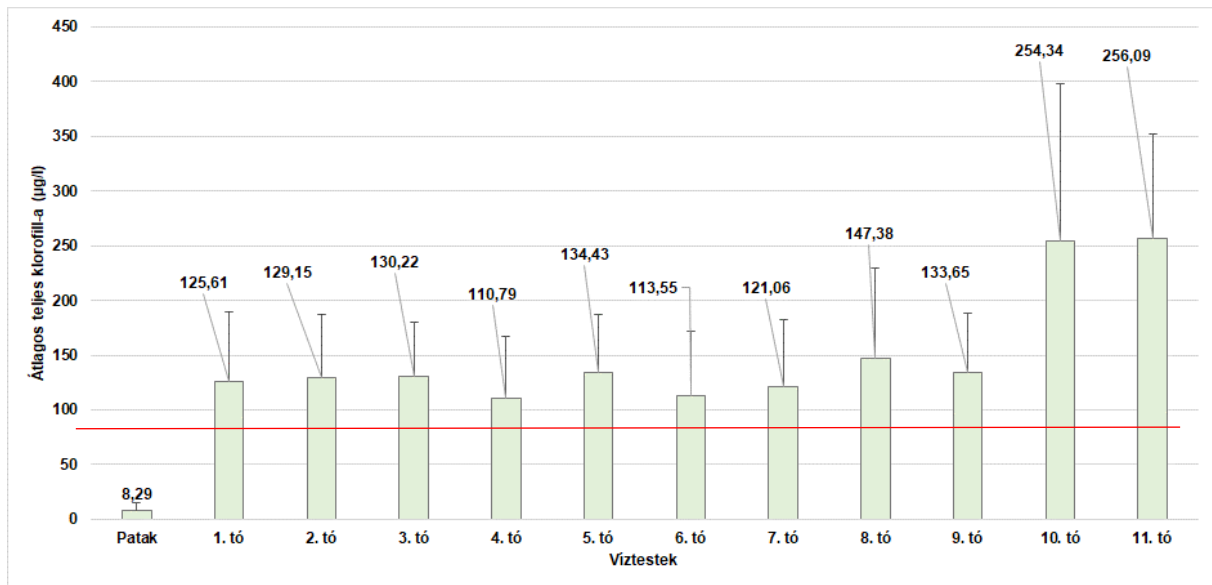
(Forrás: saját munka)



Az egyes tavak teljes klorofill-a átlagai viszonylag azonos képet mutatnak a vizsgálati periódus alatt, de két tó kivételt képez ezek alól is. A tórendszer utolsó két tava (10 sz. és 11. sz. tó) esetében az átlagok jelentősen eltérnek, amely ugyancsak valamilyen szennyezés következménye lehet (23. ábra).

23. ábra: Az átlagos klorofill-a koncentrációk alakulása a szezonban (tűrhető határérték pirossal)

(Forrás: saját munka)



A statisztikai elemzés alapján elmondható, hogy a Rákos-patak átlageredménye természetes módon eltért az összes többi víztestétől (ANOVA, $P < 0,0001$). Az sem meglepő, hogy az 1-9. sz. tó között statisztikailag alátámasztható különbség nem állt fenn (ANOVA $P > 0,05$). Azonban az előbb említett 9 tó átlagos klorofill-a koncentrációja jelentős eltérést mutat az utolsó kettő vízterület eredményeihez képest. A 10. sz. és 11. sz. tó értékei között ugyancsak nincs statisztikai összefüggés. Az első kilenc tó átlaga $127,3 \mu\text{g/l} \pm 11,2 \mu\text{g/l}$, az utolsó két tó átlaga pedig $255,2 \mu\text{g/l} \pm 1,24 \mu\text{g/l}$, amely majdnem kétszeres (1,76) szorzót mutat.

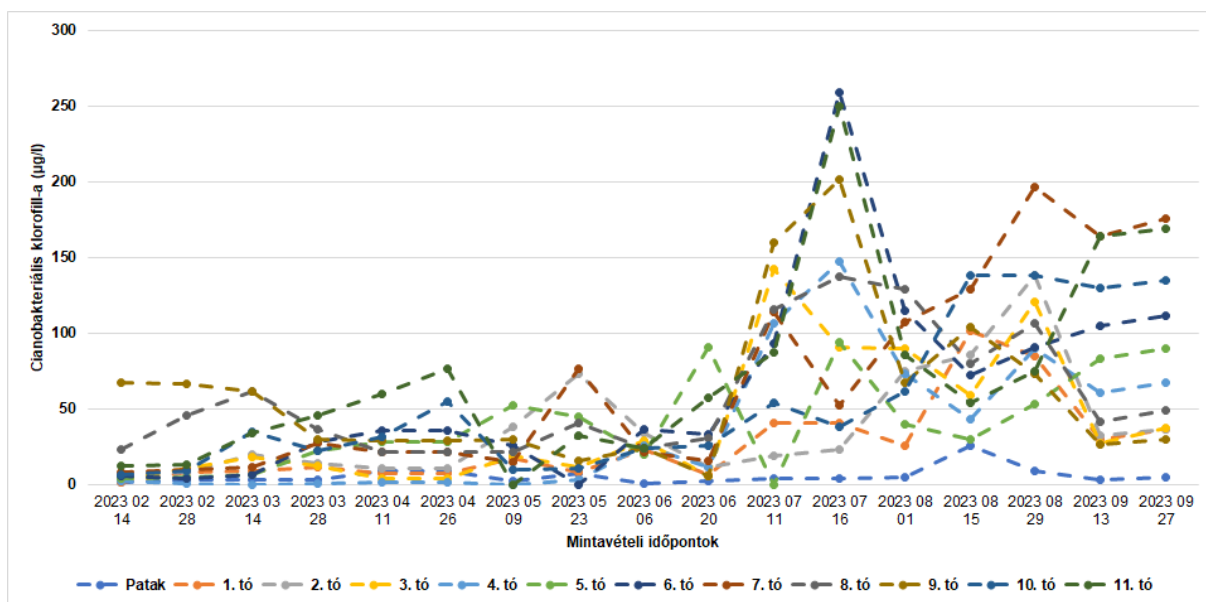
4.13. A cianobakteriális klorofill-a koncentrációk eredményei

Az összes klorofill cianobakteriális klorofill-a részének koncentrációját a következő ábra mutatja be (24. ábra). A legalacsonyabb cianobakteriális klorofill-a szint értelemszerűen a Rákos-patakban fordult elő, hiszen a hozzá tartozó teljes klorofill-a biomassa is igen alacsony volt. Jól érzékelhető, hogy a tél végi, tavaszi és kora nyári mintákban a cianofiták mennyisége számottevően kisebb volt, mint a nyári vizsgálatok idején. Amikor a víz hőmérséklete tartósan elérte a $25 \text{ }^\circ\text{C}$ -ot (7. ábra), akkor a cianobaktérium biomassa rohamosan emelkedni kezdett. Az emelkedett cianofita arány a 7., 8., 9., 10., és 11. sz. tóban egészen augusztus legvégéig megfigyelhető volt. Ezt követően egy markáns hidegfront (12

°C-os hőmérséklet esés és nagy mértékű légnomás esés) következtében a cianobaktériumok biomasszája is csökkenni kezdett. Érdekes, hogy a hirtelen, nagymértékű lehűlés okozta algaszám visszaesés a 7., 10. és 11. sz. tó estében nem igazán volt mértékadó.

24. ábra: A cianobakteriális klorofill-a koncentrációk alakulása a vizsgált vizekben

(Forrás: saját munka)



A szezonban mért cianobakteriális klorofill-a koncentrációk átlaga a 11. sz. tóban volt a legnagyobb ($72,78 \mu\text{g/l} \pm 65,61 \mu\text{g/l}$), majd ezt a 7 sz. tó értéke követte ($68,46 \mu\text{g/l} \pm 65,55 \mu\text{g/l}$). A harmadik legmagasabb biomassza mennyiség a 9. sz. tóban fordult elő ($60,02 \mu\text{g/l} \pm 52,54 \mu\text{g/l}$).

2023. 07. 14-én a 10. sz. tó halállományában halpusztulás lépett fel, így soron kívül vizsgáltuk a víz fizikai és kémiai paramétereit. A halak zöme pipált, így nem volt nehéz megítélni az oxigénhiányos környezetet, amelyet mérésekkel is alá tudtunk támasztani. A halpusztulás idején az összes algabiomasszából a cianobakteriális rész több, mint a 70%-át adta. Vélhetően a magas algabiomassza éjszaka a fotoszintézis hiányában olyan mértékben felhasználta az oldott oxigént a vízből, hogy azt a halak nem voltak képesek tolerálni.

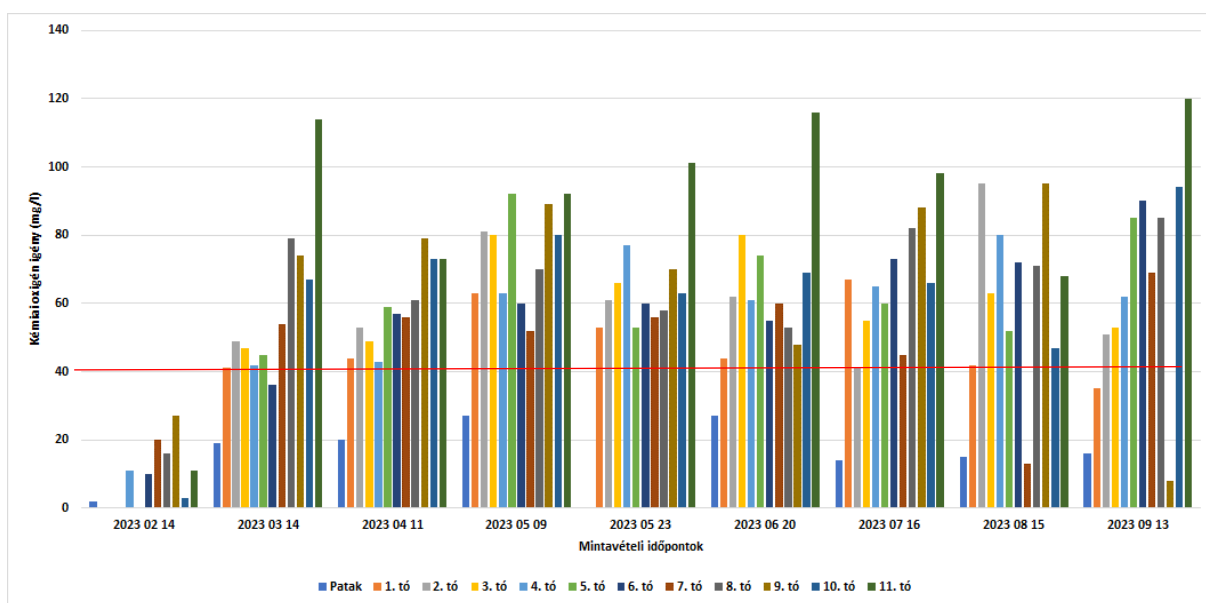
4.14. A kémiai oxigén igény (KOI_k) koncentrációk eredményei

A kromátos kémiai oxigén igény (KOI_k) tűrhető határértéke 40 mg/l, amely csak az első mintavételkor, februárban volt alacsony minden víztípust figyelembe véve. Márciustól szeptemberig mindössze néhány esetben fordult elő az, hogy a KOI_k előfordulása 40 mg/l alatt

alakult (25. ábra). Ez mindenképp arra utal, hogy nagy szerves anyag terheltség jellemzi az összes tavat, amely vastag üledékrétegeket feltételez. A Rákos-patak vizének KOI szintje folyamatosan alacsony maradt az egész szezont figyelembe véve, átlaga csupán $15,56 \text{ mg/l} \pm 9,50 \text{ mg/l}$ volt.

25. ábra: A kémiai oxigén igény (KOI_k) koncentrációk alakulása a vizsgált vizeben (tűrhető határérték pirossal)

(Forrás: saját munka)



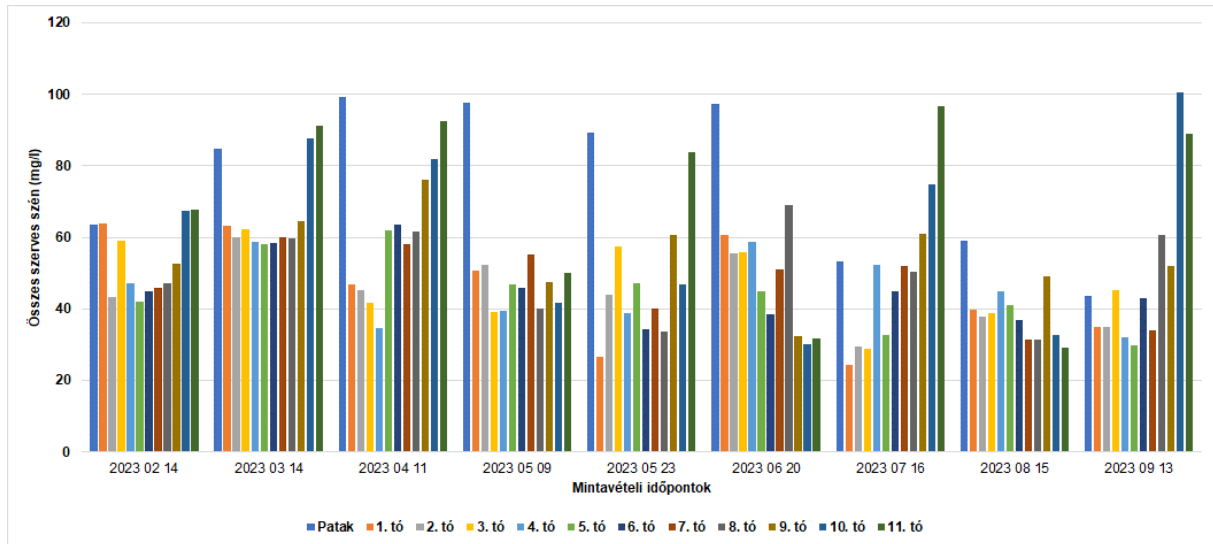
4.15. Az összes szerves szén (TOC) koncentrációk eredményei

A kromátos (KOI_k) KOI-meghatározás esetén pozitív hibával számolhatunk, mivel a vízben levő szerves anyagok is reagálhatnak a kálium-permanganáttal, vagy a káliumbikromáttal. A jelenségre felkészülve egyre gyakrabban alkalmazzák a KOI helyett a teljes szerves széntartalom meghatározást (TOC). Az összes szerves széntartalom tehát a vízben lévő különböző szerves anyagokban található szén jelenlétét jelenti. A TOC-t tekintve halastavi határérték nem igazán meghatározott, így nehéz következtetéseket levonni. A Dunában a jellemző TOC koncentráció 3-15 mg/l, ugyanez a Balatonban 2-10 mg/l. Tapasztalati úton egy jól működő (közepesen magas pH, kielégítő, nem túl magas algabiomassa stb.) halastó átlagos TOC koncentrációja (20-30 mg/l) között változik. Ezeket a szempontokat figyelembe véve elmondhatjuk, hogy a TOC alapján a legszennyezettebb víztest, mely a legmagasabb összes szerves szén koncentrációval rendelkezett, szinte minden mintavétel alkalmával a

Rákos-patak volt (26. ábra). A tavak közül a 10. és 11. sz. horgásztó eredményei bizonyultak kiugrónak, többszörösen meghaladva a tapasztalati úton kalkulált tűrhető határértéket.

26. ábra: Az összes szerves szén (TOC) koncentrációk alakulása a vizsgált vizekben

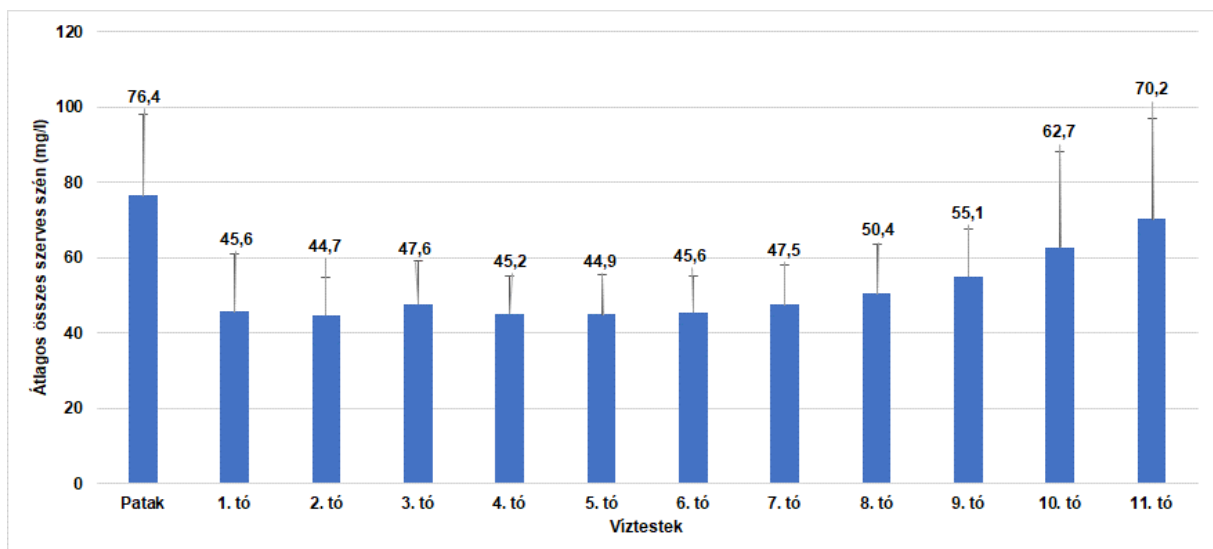
(Forrás: saját munka)



Az átlagos, szezonra vetített összes szerves szén koncentrációkat az alábbi ábra mutatja be (27. ábra).

27. ábra: Az átlagos összes szerves szén (TOC) koncentrációk alakulása a vizsgált vizekben

(Forrás: saját munka)



Az ábra jól szemlélteti, hogy a Rákos-patakban és az utolsó két tóban voltak a legnagyobbak az átlagos számok. A többi víztest esetében az értékek igen hasonlóan, 44,7 mg/l és 55,1 mg/l között változtak. A kapott eredményeket egyszempontos varianciaanalízissel vizsgálva megfigyelhetjük, hogy a Rákos-patak vize a két utolsó tó kivételével, minden más víztesthez képest statisztikailag igazolhatóan különbözött. A többi esetben szignifikáns különbséget csak a 2. sz., 4. sz., illetve a 11. számú tavak között találtunk ($P < 0,05$).

5. Következtetések és javaslatok

A vizsgálatok eredményeit tanulmányozva a megfigyelés időszakában a legtöbb paraméter alapján sajnos azt lehet állítani, hogy a patak és a tavak vízminősége sem biztosítja megfelelően az ökoszisztéma fenntartásához és a tórendszerre jellemző halfajok életéhez szükséges körülményeket. A kapott értékek akkor válnak értelmezhetővé és vagyunk képesek azok alapján javaslatot megfogalmazni, ha ismerjük a mögöttük rejlő folyamatokat, valamint az előrelátható következményeket.

A megfigyelés során valamennyi víztestre igaz volt a kiemelkedő algabiomassza és a szervesanyag terhelés, különösen a kémiai oxigénigény (KOI) és az összes szerves szén (TOC) mértéke. A tórendszer legszennyezettebb tagjainak a 10. sz. és a 11. sz. tavak bizonyultak. Az oldott oxigén aránya ugyan, csak egy-egy esetben csökkent a határérték alá (5 mg/l), de a 10. és 11. tó esetében rendszeresen voltak igen magasak (25 mg/l<) az eredmények, melyek szintén nem kedvezőek. A jelenséget a túlzottan nagy algabiomassza fotoszintetizáló tevékenysége okozza. Problémát ez akkor jelent, amikor az éjszakai órákban, fotoszintézis hiányában a növényi plankton sejtlegzése miatt oxigénhiányos közeg alakul ki. A halak szempontjából emellett önmagában a fokozott oldott oxigén mennyisége és telítettsége is káros lehet, kopoltyúik sérülhetnek. A nitrit ion és az átlagos szabad ammónia szintje is az utolsó két tó vízében volt a legtetemesebb. A szabad ammónia magas pH érték mellett keletkezik az ammónium ionból és jelenléte igen veszélyes lehet mert a halak számára idegméregként hat. A teljes vizsgálati időszakot tekintve pedig gyakorlatilag az 5. sz. tó vonalától a folyás irányt követve valamennyi vízterület kimagasló pH értékkel volt jellemezhető.

A kísérlet alatt számos paramétert összegezve azt tapasztaltuk, hogy a koncentrációk egy ívet írnak le a Rákos-patakból és a tavak vízből nyert adatok alapján. Olyan mutatók, mint az összes ion koncentráció, összes nitrogén koncentráció, TOC vagy az orto-foszfátion sűrűsége is azt mutatta, hogy a patak vize szerves anyaggal terhelt, ami kimutatható az általa közvetlenül táplált 1. sz. tóban és esetenként még a 2. sz. és 3. sz. állóvízben is. A jelenséget tovább tárgyalva a szennyezettség mértékének felfutása ezt követően az utolsó tavakban, jellemzően a 10. sz. és a 11. sz. tavakban jelentkezik. Itt a vizsgált paraméterek előfordulása állandóan magasabb volt és jónéhány esetben többszörösen meghaladták a tűrhető határértéket.

A következtetésünk tehát az, hogy a tavak vízminőségének romlása háttérben a tápláló Rákos-patak, de még ennél is jelentősebb mértékben a 9.-11. sz. tavak környékén egy

valószínűsíthető pontszennyezés állhat. A patak szennyezettsége következhet a városi vízelvezetés, közlekedési- és mezőgazdasági eredetű terhelés és a talaj eredetű csatorna szivárgásokból is. Valamint a 4 sz. vízterülettől kezdődően közvetetten a Gödöllő déli részén található szennyvíztisztító biológiailag tisztított szennyvize játszik alapvető szerepet a tavak vízutánpótlásban. Ezek a környezeti terhelések vannak szoros összefüggésben a szervesanyag útjával a foszfor- és nitrogén körforgásával a vizekben, melyek vízminőségi gondokat eredményeznek és hosszú távon a vízi ökoszisztéma felborulásához, eutrofizációhoz vezetnek.

A tapasztalataink és a vizsgálat során gyűjtött eredmények alapján mindenképpen javasolnánk a további vízvizsgálatok rendszeresítését, de az üledékminták analizálását is. Ahhoz, hogy fenntartható legyen a halgazdálkodás és a tavak kiszolgálják az oda látogatók igényeit, szükség volna a teljes tórendszer periodikus monitoringjához. A vízvirágzás folyamatában legnagyobb szerepe a túlzott mennyiségű nitrogén- és foszfátion előfordulásának van, melyek felboríthatják a teljes vízi ökoszisztémát. Ennek elkerülése érdekében nagy hangsúlyt kell fektetni az említett elemek- és az algabiomassa mérésére. A nyári időszakban különös odafigyelést igényel és tanácsos lehet akár napi rendszerességgel ellenőrizni oxigénviszonyokat, hogy minimalizálni lehessen az ebből adódó halpusztulást.

Mindazonáltal a horgászegyesületek és halgazdálkodásra jogosultak számára javasolnánk a víz meszezését, mely költséghatékonyan segíthet annak pufferolásában (pH csökkentés). Emellett szükség volna feltárni az állandósult szennyezések forrásait. Továbbá javasolt volna a táplálékforrás alapján történő haltelepítés. A növény- illetve planktonevő halak számának növelése a tavakban az alga- és növényi biomassa visszaszorításának érdekében.

6. Összefoglalás

Elvitathatatlan tény, hogy a megfelelő minőségű- és tisztaságú víz nélkülözhetetlen a földi élet számára. Ugyan mi a vízi szervezetek, különös tekintettel a halak életfolyamatai szempontjából foglalmaztuk meg vizsgálatainkat, de felszíni vizeink minőségének védelme és a szennyezettség szabályozása közös érdekünk. A fenntarthatósági célok egyik alap eleme vizeink állapotának megőrzése.

A Gödöllő-Isaszeg tórendszeren végzett vizsgálatsorozat feltárni kívánta, hogy a kisvizekre jellemzően- és helyi körülményekből fakadóan milyen vízminőséget tapasztalhatunk ezeken a víztesteken. A felmérés relevanciáját az is alátámasztja, hogy a tórendszer állapota előregedettnek tekinthető és számos problémával (vízhiány, tisztított szennyvíz okozta környezeti terhelés stb.) küzd. A tavakban a kezdetektől a mai napig a halgazdálkodás és horgásztatás a meghatározó tevékenység, ezért a vizsgálatsorozatunk eredményeit a halak számára alkalmas környezet alapján értékeltük.

A munkánkat 2023 februárjában indítottuk és egészen szeptember végéig folytattuk, mely során mintegy 17 alkalommal vettünk vízmintákat a tórendszer 11 tavából, valamint a vízutánpótlásukat jelentő Rákos-patakból. A kísérlet elvégzéséhez több műszer és módszer precíz használatára volt szükség. A terepi munka során alkalmazott mérőműszer segítségével értékeltük a vizek hőmérsékletét, oxigén telítettségét- és koncentrációját, pH értékét és a fajlagos elektromos vezetőképességét. Ezután a laboratóriumban végzett analízisekkel jutottunk hozzá a tavak vizében mérhető nitrition- (NO_2^-), nitrátion- (NO_3^-), ammóniumion- (NH_4^+), szabad ammónia- (NH_3), orto-foszfátion- (PO_4^{3-}), összes- és a cianobakteriális klorofill-a koncentrációjához, valamint a kémia oxigénigény- (KOI) és az összes szerves széntartalom (TOC) mennyiségéhez.

Az analízisekből kapott eredmények megmutatták, hogy a tórendszer vízminősége sok esetben nem kielégítő. Nagy mértékű problémát észleltünk a 10. és a 11. tavat illetően, melyeknél a vizsgált paraméterek előfordulása állandóan magasabb volt és jónéhány esetben többszörösen meghaladták a tűrhető határértéket. A halakra nézve önmagában is mérgező a szabad ammónia, ami szinten az utolsó tavakban jelentkezett kimagaslóan. Egy alaklommal a 10. sz. tó halállományában pusztulás is lépett fel a drasztikusan alacsony oxigénszint miatt, amit feltehetően a fokozott alga biomassza éjszakai oxigén fogyasztása okozott. A káros jelenségeknek hatterében gyaníthatóan a 10. sz. tó környékén egy folyamatosan fennálló pontszennyezés lehet.

7. Köszönetnyilvánítás

Ezúton szeretnék köszönetet mondani konzulenseimnek, Dr. Hegyi Árpádnak és Dr. Lefler Kinga Katalinnak értékes tanácsaikért és ötleteikért, valamint a dolgozat elkészítésében nyújtott segítségükért. Továbbá köszönettel tartozom a Halgazdálkodási Tanszék valamennyi dolgozójának, akik segítették munkámat.

Szeretnék köszönetet mondani továbbá a Gödöllő-Isaszegi tórendszer halgazdálkodásra jogosultjainak, akik hozzájárultak a mintavételekhez és segítették a munkánkat.

Köszönetet mondok még családomnak a tanulmányaim során nyújtott szerető támogatásukért.

8. Irodalomjegyzék

Barótfi I. (2000): Környezettechnika. Mezőgazda Kiadó, Budapest. pp. 302-305., pp. 289-297.

Budapesti Műszaki -és Gazdaságtudományi Egyetem, Építőmérnöki Kar (2017): Vízminőség szabályozás: Vízminőség, vízminősítés. Letöltés dátuma: 2023. 08. 27. forrás: <https://edu.epito.bme.hu/local/coursepublicity/mod/resource/view.php?id=86939>

Demény K. (2007): *A Gödöllői-dombság általános bemutatása*. Budapesti Műszaki Főiskola Rejtő Sándor Könnyűipari és Környezetmérnöki Kar Környezetmérnöki Intézet, Tájökológiai Lapok. 5 (2), pp. 213-215.

Fekete I. (1996): *A Gödöllő-Isaszeg közötti tórendszer szennyezettségének környezetanalitikai felmérése*. SZIE Szakdolgozat Kézirat, Gödöllő. p. 72.

Györki H. (2010): *A Rákospatak és a tisztított szennyvíz minőségi jellemzői a Gödöllő-Isaszegi szakaszon*. SZIE Szakdolgozat Kézirat, Gödöllő. p. 49.

Halász G. E. (2010): *Felszíni vizek és üledékeik minőségének megítélésére alkalmas analitikai és ökotoxikológiai módszerek fejlesztése és alkalmazása*. SZIE PhD értekezés Kézirat, Gödöllő. p. 111.

Hegy Á. (2015): *EM technológia alkalmazása a felszíni vizek kezelésében*. Szent István Egyetemi Kiadó, Gödöllő. pp. 58-63.

Hegy Á., Lefler K. K. (2016): *Horgászvizek üzemeltetésének gyakorlata*. pp. 7-10., pp. 13-24.

Heltai Gy. (2004): *Komplex monitoring rendszer és adatbázis kidolgozása különböző környezetterhelésű kisvízfolyásokon az EU.VKI ajánlásainak figyelembevételével című K+F projekt 1. részjelentése*. Budapest: a pályázat nyilvántartási száma: KMFP 00079/2003.

Http1., NBGK (Nemzeti Biodiverzitás- és Génmegőrzési Központ) honlapja. Letöltés dátuma: 2023. 10. 05. forrás: <https://www.nbgk.hu/2adottsagok/>

Http2., NÉBIH (Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatal) honlapja. Letöltés dátuma: 2023. 10. 05. forrás:

<https://halgazdalkodasportal.nebih.gov.hu/HGSzCustomerPortal/HalgazdalkodasiSzakrendszer/vizteruletAdatkozles.action>

Horváth L. (2009): A hidrobiológia alapjai. Szent István Egyetemi Kiadó, Gödöllő. pp. 31-38., pp. 53-59.

Horváth L., Béres B., Urbányi B. (2011): *Ökológiai szemléletű tógazdálkodás, haltenyésztés hidrobiológiai alapokon*. SZIE Környezet -és Tájgazdálkodási Intézet, Halgazdálkodási Tanszék, Gödöllő. pp. 43-45.

Károlyi Cs. (1991): Műszaki leírás. Inercia Mérnök Kft. Budapest.

Komárominé K. M., Bardóczyné Sz. E., (2006): *Tájökológiai-hidrológiai terepi vizsgálati módszerek alkalmazhatósága a Rákos-patak Gödöllő-Isaszegi tórendszer példáján (metodikai kérdések)*. Szent István Egyetem, Környezet és tájgazdálkodási Intézet, Tájökológiai Tanszék, Tájökológiai Lapok, 4 (2): pp. 249–253.

Papp K., Fűrész Gy. (2003): *Vízminőség, vízvizsgálatok*. MOHOSZ, Budapest. p. 8., pp. 10-14., pp. 17-18.

Somlyódy L. (2018): *Felszíni vizek minősége, modellezés és szabályozás*. Typotex Kiadó, Budapest. pp. 94-96., pp. 106-107.

Szabó L. (2011): *Gödöllői-dombság természeti- és gazdaságföldrajzi viszonyai, kultúrtörténete*. Agroinform Kiadó, Budapest. p. 11., pp. 16-17., pp. 27-28., pp. 42-45., pp. 47-57.

Ábrák és táblázatok jegyzéke

Ábrák

1. ábra0: A Gödöllői-dombság kistáj települései	4
2. ábra: A Rákos-patak vízgyűjtője.....	6
3. ábra: A nitrogén körforgás halastavakban	15
4. ábra: A foszfor körforgás halastavakban	17
5. ábra: A Gödöllő-Isaszeg tórendszer vizsgált tavai.....	19
6. ábra: A Hach HQD40 készülék és a hozzá tartozó szondák.....	21
7. ábra: A vízhőmérsékletek alakulása a vizsgált vizekben.....	23
8. ábra: Az oxigén koncentrációk alakulása a vizsgált vizekben (tűrhető határérték pirossal)	24
9. ábra: Az oxigén telítettség alakulása a vizsgált vizekben (tűrhető határérték pirossal)	25
10. ábra: A kémhatás alakulása a vizsgált vizekben (tűrhető határérték pirossal).....	26
11. ábra: Az átlagos kémhatás a vizsgált vizekben.....	27
12. ábra: A fajlagos elektromos vezetőképesség alakulása a vizsgált vizekben (tűrhető határérték pirossal)	28
13. ábra: Az összes ion koncentrációk alakulása a vizsgált vizekben (tűrhető határérték pirossal)	29
14. ábra: A nitrition koncentrációk alakulása a vizsgált vizekben (tűrhető határérték pirossal)	30
15. ábra: A nitrátion koncentrációk alakulása a vizsgált vizekben.....	31
16. ábra: Az ammóniumion koncentrációk alakulása a vizsgált vizekben	32
17. ábra: A szabad ammónia koncentrációk alakulása a vizsgált vizekben (tűrhető határérték pirossal)	33
18. ábra: Az átlagos szabad ammónia koncentrációk alakulása a szezonban (tűrhető határérték pirossal)	34
19. ábra: Az összes nitrogén koncentrációk alakulása a vizsgált vizekben	35
20. ábra: Az átlagos összes nitrogén koncentrációk alakulása a szezonban	35
21. ábra: Az orto-foszfátion koncentrációk alakulása a vizsgált vizekben (tűrhető határérték pirossal)	36
22. ábra: A teljes klorofill-a koncentrációk alakulása a vizsgált vizekben (tűrhető határérték pirossal)	37

23. ábra: Az átlagos klorofill-a koncentrációk alakulása a szezonban (tűrhető határérték pirossal)	38
24. ábra: A cianobakteriális klorofill-a koncentrációk alakulása a vizsgált vizekben	39
25. ábra: A kémiai oxigén igény (KOI _k) koncentrációk alakulása a vizsgált vizekben (tűrhető határérték pirossal)	40
26. ábra: Az összes szerves szén (TOC) koncentrációk alakulása a vizsgált vizekben	41
27. ábra: Az átlagos összes szerves szén (TOC) koncentrációk alakulása vizsgált vizekben	41

Táblázatok

1. táblázat: A tavak eredeti funkciója	7
2. táblázat: Vízmintavételi helyek GPS koordinátái	19

MATE Szervezeti és Működési Szabályzat

III. Hallgatói Követelményrendszer

III.1. Tanulmányi és Vizsgaszabályzat

**6.13. sz. függelék: A MATE egységes szakdolgozat /
diplomadolgozat / záródolgozat / portfólió készítési útmutatója**

4.2. sz. melléklete: Nyilatkozat a záródolgozat/szakdolgozat/diplomadolgozat/portfólió nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

NYILATKOZAT

a szakdolgozat nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

A hallgató neve: Magyar Nándor Attila

A Hallgató Neptun kódja: F1CGYN

A dolgozat címe: A Gödöllő-Isaszeg tőrendszer környezetanalitikai vizsgálata

A megjelenés éve: 2023

A konzulens intézetének neve: Akvakultúra és Környezetbiztonsági Intézet

A konzulens tanszékének a neve: Halgazdálkodási Tanszék

Kijelentem, hogy az általam benyújtott szakdolgozat egyéni, eredeti jellegű, saját szellemi alkotásom. Azon részeket, melyeket más szerzők munkájából vettem át, egyértelműen megjelöltem, és az irodalomjegyzékben szerepeltettem.

Ha a fenti nyilatkozattal valótlan állítottam, tudomásul veszem, hogy a záróvizsga-bizottság a záróvizsgából kizár és a záróvizsgát csak új dolgozat készítése után tehetek.

A leadott dolgozat, mely PDF dokumentum, szerkesztését nem, megtekintését és nyomtatását engedélyezem.

Tudomásul veszem, hogy az általam készített dolgozatra, mint szellemi alkotás felhasználására, hasznosítására a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem mindenkor szellemi tulajdon-kezelési szabályzatában megfogalmazottak érvényesek.

Tudomásul veszem, hogy dolgozatom elektronikus változata feltöltésre kerül a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem könyvtári repozitori rendszerébe. Tudomásul veszem, hogy a megvédett és

- nem titkosított dolgozat a védést követően
- titkosításra engedélyezett dolgozat a benyújtásától számított 5 év eltelté után nyilvánosan elérhető és kereshető lesz az Egyetem könyvtári repozitori rendszerében.

Kelt: 2023. év 11. hó 06.

Hallgató aláírása


NYILATKOZAT

Magyar Nándor Attila (név) (hallgató Neptun azonosítója: F1CGYN)
konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a
záródolgozatot/szakdolgozatot/diplomadolgozatot/portfóliót¹ áttekintettem, a hallgatót az
irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól
tájékoztattam.

A záródolgozatot/szakdolgozatot/diplomadolgozatot/portfóliót a záróvizsgán történő
védésre javaslom / nem javaslom².

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem^{*3}

Kelt: Gödöllő, 2023 év november hó 03 nap

 Magyar Nándor Attila Kéz. Katalin
belső konzulens

¹ A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.

² A megfelelő aláhúzendő.

³ A megfelelő aláhúzendő.