

XXXI. Országos Tudományos Diákköri Konferencia
Biológia szekció

Pisztráng halgazdasági telep (Miskolc-Lillafüred)
modernizációjának hatásvizsgálata

Szerző:

Katona Bettina

Debreceni Egyetem, Természettudományi és Technológia Kar

Ökológiai tanszék

Környezettan BSc.



Témavezetők:

Gyulai István

Egyetemi tanársegéd

Veres Zoltán

PhD hallgató

Debreceni Egyetem, Természettudományi és Technológiai Kar

Ökológia Tanszék

Szeged,

2013

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés	3
1.1 A pisztrángfélék jellemzése Hoitsy (2002) alapján.....	4
1.2 A recirkulációs rendszer.....	7
1.3 A telep tórendszere.....	10
1.4 Célkitűzés	12
 2. Anyag és módszer	 13
2.1. A mintavételi helyek bemutatása	13
2.2 Fizikai paraméterek	14
2.3 Vízkémiai meghatározások	14
 3. Eredmények ismertetése és kiértékelése.....	 16
3.1 Az eredmények statisztika elemzése	16
3.2 Kémiai paraméterek	18
3.2.1 Lebegőanyag	18
3.2.2 A nitrogén háztartás	19
3.2.3 Kémiai oxigén igény és oldott oxigén tartalom.....	22
 4. Összefoglalás	 24
 Irodalmi jegyzék.....	 26

1. Bevezetés

A 2006-os és 2010-es árvizes évek utáni aszályos időszak nehéz helyzetbe hozta a vízfüggő gazdaságokat, főként a halgazdaságokat. Vizsgálatainkat a Lillafüredi Pisztránglelepen végeztük, ahol pályázati forrásokból 2012 nyarán beruháztak egy re cirkulációs rendszerbe, mely biztosítja az állandó vízellátást a termeléshez, hiszen a pisztrángtenyésztéshez nélkülözhetetlen a hideg, magas oxigéntartalmú, tiszta víz (Hoitsy, 2002).

„Halfogyasztásunkon belül igen kis szerepet tölt be a pisztráng, pedig beltartalmi értéke alapján, az első helyen kellene állnia” (Hoitsy, 1994). A pisztrángok létfontosságú (essenciális) aminosav tartalma legközelebb áll a csecsemők szervezetének aminosav összetételéhez, igényéhez. Könnyen emészthető, testének 19,5-21,5 %-a fehérje és ásványi anyagtartalma is magas, nem zsíros, teljes testtömegének csak 1,2-2,1 %-a zsír, és az se a hasi zsírdépőkben, vagy az izom között található, mint a ponty esetében, hanem a belek körül, amit egyébként is kidobunk.

A pisztrángok a valódi csontosalak (*Teleostei*) divíziójába, a csontos halak főrendjébe (*Euteleostei*), a pisztrángalakúak (*Salmoniformes*) rendjébe, a lazacok (*Salomonoidei*) alrendjébe, a pisztrángfélék (*Salmonidae*) családjába tartoznak. A családnak három alcsaládja van, amelyből a Salmoninae alcsaládba tartozik a hazai vizeinkben előforduló négy nemzetség (*Salmo*, *Salvelinus*, *Oncorhynchus*, *Hucho*) magyar nevükön: sebes és szivárványos pisztráng, pataki szajbling, dunai galóca egy-egy faja.

„A pisztrángfélék torpedó, orsó alakú testformája bizonyítja, hogy jó úszók, áramlást kedvelő, reofil fajok. A vándorlás (anodrom fajok) valamilyen formája jellemző erre a családra. A tengeri pisztráng (*Salmo trutta* m. *trutta*) a tengerből az édesvízbe megy ívni, míg a többi faj a tavak, folyók, patakok alsó szakaszáról a felső, oxigén dús tiszta vízébe. A pisztrángok kavicsos meder aljzatra ívnak (litofil fajok). Ragadozó életmódot folytatnak, jól fejlett fogazattal rendelkeznek. Táplálékukat alacsonyabb rendű rákok, vízi rovarok, kisebb halak alkotják.

Az elterjedésük az északi félteke mérsékelt és hideg égővi vizei, de gazdasági jelentőségük miatt képviselőiket a déli félteke vizeiben is betelepítették, így előfordulnak Dél-Afrikában, Dél-Amerikában, Ausztráliában és Új-Zélandon” (Hoitsy, 2002).

1.1 A pisztrángfélék jellemzése Hoitsy (2002) alapján

A sebes pisztráng

Salmo trutta m. fario (Linné, 1758)

A különböző ökológiai hatások okozzák azt, hogy ugyanazon fajon belül oly nagy eltérés mutatkozik a méretben, a színezetben, és a táplálkozásban. Ennek pedig folyó vizének összetétele, a táplálékbázis, és a meder aljzatának színe az oka. Jó példa erre a bükk, és a zemplén-hegység pisztrángjainak színezete, míg a bükki patakok mészkő és dolomit kőzeten (Martonné, 2001) futó patakjaiban zöldesszürke, a zempléni andezit-vulkános kőzeten inkább sárgásbarna a sebes pisztrángok hátszíne. A halak kaméleonjának is szokták nevezni, hiszen új környezetbe kerülve színezetét néhány másodperc alatt megváltoztatja, az új meder fenék színéhez alkalmazkodva. A vak pisztrángok a színüket feketére váltják mivel sötét, fekete színt érzékelnek. Alapszínük a háti részen leggyakrabban zöldes-barna, oldala aranyos csillogású, a has sárgásfehér. Egész testét kerek vagy szabálytalan alakú pettyezettség díszíti. A pettyek színe a háti részen általában fekete az oldalon piros ezeket fehér gyűrű veszi körül. A zsírúszója világos, rajta egy vagy több piros pettyel. A Lillafüredi pisztrángtelepen egy olyan törzse is megtalálható a sebes pisztrángnak, amelynek a testén csak nagy fekete pöttyök találhatók. A kifejlet példányok különösen ívási időszakban élénkebb színűek, sokkal csillogóbbak. Minden pisztrángnak van pikkelye, némely horgász tévhitével ellentétben. A sebes pisztráng pikkelyei aprók, cycloid pikkelyek, a hal bőrében erősen ülnek. „A sebes pisztráng Európában és hazánkban őshonos faj, egyik hal se olyan változatos faunánkban, mint a sebes pisztráng” (Hoitsy, 2002).

A sebes pisztráng a vízfolyások felső szakaszán él, amelynek névadó faja. Félénk, rejtőzködő, fényt kerülő (negatív fotótaxisú) hal, emiatt csak az olyan víz nyújt alkalmas életteret számára, amely bővelkedik búvóhelyben. Nagyon ragaszkodik megszokott búvóhelyéhez, és azt fajtársaival szemben is, megvédi. A legerősebb, legnagyobb pisztráng birtokolja a legjobb búvóhelyeket.

Táplálkozását sok tényező befolyásolja. A természetes vizekben az ivadékok kisebb rákokat (*Asellus aquaticus*, *Gammarus sp.*), planáriákat, de a víz fölött röpködő kérészeket (*Ephemeroptera*), álkérészeket (*Plecoptera*), tegzeseket (*Trichoptera*), árvaszúnyogokat (*Chironomidae*), és ezek vízben élő lárváit és bogarakat fogyaszt. Növekedése a környezeti viszonyoktól (vízhőmérséklete, O₂ tartalma), a rendelkezésre álló táplálék mennyiségétől

függően vízterületenként erősen eltérő. Átlagosan egy - három kg-os testtömeget ér el, az ennél nagyobb példányok ritkák (Hoitsy, 1994).

Ívási időszaka szeptembertől februárig (Vásárhelyi, 1963) amit az időjárás és a vízhőmérséklet erősen befolyásol. A bükki és zempléni patakokban, ha a víz 4-8 °C-ra hűl, azaz október végén, november elején megjelenek az ívó gödrök. A lerakott ikrák száma egy testtömeg-kilógrammra vetítve átlagosan 1000-2000 darab, ennél több is lehet. A kelés ideje a víz hőmérsékletétől és oxigén tartalmától függ.



1. kép A sebes pisztráng Hoitsy György a telepvezető kezében

Szivárványos pisztráng

Oncorhynchus mykiss (Walbaum, 1792)

A szivárványos pisztráng (2. kép) a világ egyik legjobban kutatott és az egyik legnagyobb mennyiségben tenyésztett halfaja.

Testalkata torpedó alakú, de a sebes pisztrángtól kicsit oldalról lapítottabb, magasabb hátú a feje testéhez viszonyítva; szája, fogai kisebbek a sebes pisztrángétól, a felsőállkapocs nem ér túl a szem hátsó szegélyén. A hát és farokúszó között zsiruszó található. Színezete a hátán sötétszürke, kékesszürke, a has felé világosabb ezüstösen fehér. Az oldal vonal mentén és a kopolyúfedőn végig egy rózsaszínes irizáló szivárványos sáv található, amely ivás időszakában különösen élénk színű, rikítóbb. A testen végig apró fekete vagy barnás pöttyök találhatók. Ívás alapján megkülönböztetünk ősszel és tavasszal ívó törzseket. Táplálkozás tekintetében nem olyan félénk, mint a sebes pisztráng, de sokkal ügyetlenebb és telhetetlenebb. Környezetével szembeni igényei egy kicsit szerényebbek, mint a sebes pisztrángé. Alacsonyabb oxigéntartalom (6-7 O₂ mg/l) és magasabb vízhőmérséklet (20-23°C) mellett is megél (Stevenson, 1980).



2. kép A szivárványos pisztráng

Folyóvízi életmódhoz alkalmazkodott egyedek nyúlánkabbak, míg a tavi élethez alkalmazkodott egyedek rövidebbek és szélesebbek. A rekordlistás példány több mint egy méter hosszú volt és majd 25 kg tömegű (Burnie és Wilson, 2005).

Táplálkozását tekintve ragadozó, szinte mindent megesznek, amit csak el tudnak kapni vagy meg tudnak ragadni. A fiatalabb egyedek rovarokat, rákokat (Crustaceans), halikrákat és kisebb halakat esznek. A kifejlett egyedek közül a tavi életmódhoz alkalmazkodók elsősorban plankton fogyasztókká válnak. A folyóvízi életmódhoz alkalmazkodó egyedek megmaradnak ragadozónak. Megeszik a halikrákat, a többi pisztrángfajét is, valamint az tetemeket is fogyasztanak.

A szivárványos pisztrángot, mint tesztszervezetet az Amerikai Környezetvédelmi Ügynökség toxikológiai teszteknel használja (EPA, 2004).

1.2 A recirkulációs rendszer

A recirkulációs rendszer bevezetése sok előnnyel jár: a patak vagy folyó vízének minőségváltozásától függetlenség; lehetséges betegségek (VHS fertőzés) (Roberts és Shepherd, 1974; Ceschia et al. 1992) kockázatának csökkentése; lehetséges vízszennyeződés, mérgezés veszélyének csökkentése; hőmérséklet stabilizáció; a termelés biztonságosabb tervezése; kisebb munka igény; várható termelésnövekedés (Hoitsy, 2009). Közép Európa és az Egyesült Államok területén több halgazdasági telep használ vízviasszaforatató rendszert. Földrajzilag, gazdaságilag és a tenyésztett hal szempontjából más paraméterekkel rendelkező telephelyek, így a recirkulációs rendszerük is máshogy épült fel. A Magyar Lillafüredi pisztrángtelep rendszere a külföldi „Óriás” telepek mintájára épült (3. kép).

Felépítése

Mechanikai szűrőrendszer: dobszűrő. Biológiai szűrőrendszer: mozgóágyas biofilter medence melyben nagyfelületű műanyag lamellás biomedica (5. kép) található meg, melyeken megtelepednek a baktériumok. Medencék – haltartó egységek. Elektromosságot ellátó, és ellenőrző rendszerek. Mamut szivattyúk; ülepítő tartály és hozzá kötött három „constructed wetland” medence (iszapfogó, békalencsés illetve tisztult vizes medencék). A külföldi

nagyobb telepek rendszereiben megtalálhatóak a Csíramentesítésre alkalmas UV Lámpák, Ózon berendezések illetve anaerob rendszer (Péteri, 2000).



3. kép A Recirkulációs rendszer

Működése

A halakról lekerülő szerves anyaggal terhelt víz először egy dobszűrővel felszerelt kis medencébe jut (4. kép). A szűrő folyamatos mozgása biztosítja a víz befelé áramlását. E szűrő a membránjáról porlasztókkal tisztítja le a mechanikus szennyező anyagokat, összegyűjtve azt a dob belsejében, elvezetve az üleptő tartályhoz (Summerfelt, 1997). A tartály összegyűjti a felfogott különböző méretű szennyező anyagot, majd az átszűrődő „tisza víz” a tartály mellé épített wetlandek-be ürül ki, melyekből a már tiszta víz visszalép a természetes vízkörforgalomba. A tartályban lévő kiülepedett massa újrahasznosítható, faforgáccsal keverve az erdőgazdaság illetve a telep talajjavításra használja. A mechanikusan megtisztult víz zsilipen keresztül egy biofilteres medencébe jut, melyben a mérgező nitrogénformák (ammónia) lebontása történik. A recirkulációs rendszer előtt három tó egy-egy helyen volt egymásba kötve. A rendszerrel négy tó gátjait vágták át két-két helyen, biztosítva a víz útját a körforgásban. Ehhez a recirkulációhoz úgynevezett mamutszivattyúkat telepítettek az átvágott pontokhoz, ez emeli befűjt levegő segítségével a vizet egyik medencéből a másikba.



4. kép A rendszerbe épített dobszűrő



5. kép Biomedia

1.3 A telep tórendszere

Felső tórendszer

A felső tavak földmedrűek, körtöltéses rendszerrel épültek, szabálytalan alakúak. Vizét a Garadna-patakból kapja egy elosztó műtárgyon keresztül, egy darabig nyitott trapéz alakú csatornán vezetik kb. 80 m-t, majd zárt betoncsőben jut a tavakhoz. A tavak lecsapolása szabványos barátságzilippel van megoldva és befogadó víz a Garadna-patak.

Alsó tórendszer

Az alsó tavak vizüket a Margit-forrásból kapják egy 300 és egy 150 mm-es acél csövön, gravitációs úton. Az alsó tórendszer tavai különböző méretű körtöltéses, földmedrű tavak, amelyek a hatvanas években egy betonlap borítást kaptak. Leeresztésük, szabványos barátságzilipen keresztül a Garadna-patakba történik.

Patak ág

A két tórendszer között helyezkedik el, Vízellátása a Garadna-patakból biztosított. A patakágnak nevezett halas csatorna, teljes hosszában monolit beton. Négy kaszkádra osztott, vízszintje zsilipdeszkákkal szabályozható (1. táblázat).

1. táblázat Tavak paraméterei

Alsó tavak			Felső tavak			Patakág	
Tavak	Terület (m ²)	Térfogat (m ³)	Tavak	terület (m ²)	Térfogat(m3)	Terület(m ²)	Térfogat(m ³)
1/a	86	60	1	1004	502	121	68
1/b	127	69	2	176	159		
2	241	329	3	188	170		
3	311	328	4	183	183		
4	152	160	5	156	140		
5	165	166					
6	152	128					

Vízellátás

A telep kettős vízellátású, a felső tórendszert a Garadna-patak látja el, az alsó tórendszert a Margit-forrás. A patak és a forrás vízhozamát a mindenkori csapadék mennyisége határozza

meg. A 2011-12-es év katasztrofális vízhozami adatokat produkált, évszázados adatok dőltek meg. Több mint 500 mm csapadék hiányzik a 2011-es évből.

Garadna-forrás

Ómassán ered, koordinátái: szélesség N 48 °10813', hosszúság: E 20 °53107'. Vízugyűjtő területe a Nagymező, Csipkés-kúti rét. A forrás hőmérséklete 10-12 °C, átlagos vízhozama 64 l/sec. A Garadna-forrás foglalkozási munkálatai 1952-ben befejeződtek, innen biztosítják a falu ivóvizét és a túlfolyó víz jut a patakba, azon keresztül a pizstrángtelepre, majd a Hámori-tóba. A Garadna-patak a fakadástól a telepig kb. 6 km-t tesz meg, ezért télen erősen lehül, nyáron felmelegszik.

Margit-forrás

Koordinátái: szélesség N 48° 6,987', hosszúság E 20° 34,733'. A Margit forrás a Garadna-völgy közepén fakad a Nyavalyás hegyi dolomit bányája alatt. Vízugyűjtő területe Jávorkúti rét, Sebesvízi rét, Bolhási rét. Hőmérséklete 9,2-9,8 °C, ami szinte már a pizstráng termeléséhez is hideg, átlagos vízhozam 16-20 l/sec. Mindkét folyás nagy keménységű, 20-24, Német keménységi fokban kifejezve.



6. kép A tórendszerek látképe

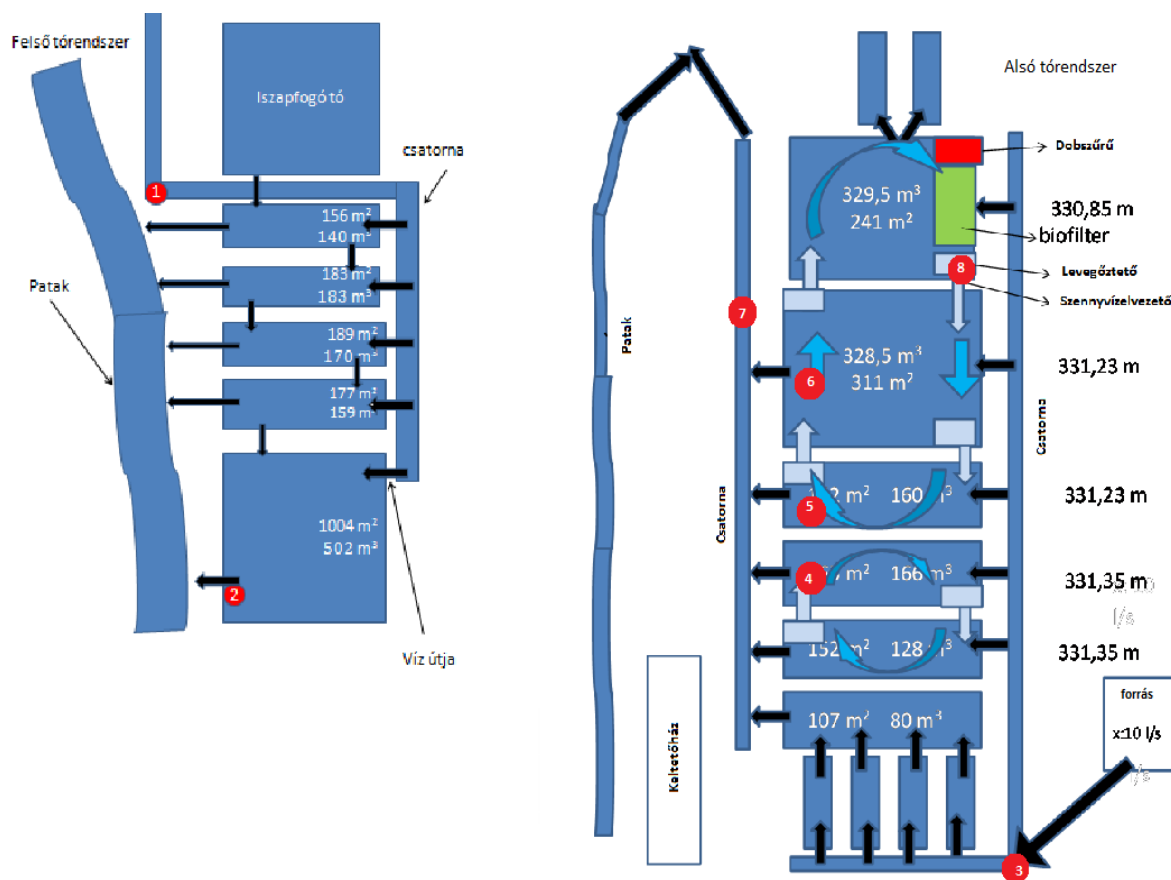
1.4 Célkitűzés

Vizsgálataink a Lillafüredi pisztrángtelep forrásait és halas medencéit érintik. Célunk, a vizsgálatokkal a még meg nem épült rendszer előtti, építése közbeni és az átadás követő vízkémiai állapotok mérése, összehasonlítása, kiértékelése. A recirkulációs rendszer átadásának pillanatáig két hetes ciklusokban való mérés és feldolgozás. Majd a elemzett értékek után, a tavak vizeinek pisztránggal való folyamatos telepítése és mérése egy éven keresztül.

2. Anyag és módszer

2.1. A mintavételi helyek bemutatása

Kéthetes mintavételi periódusainkat 2012. 06. 03-án kezdtük meg a Lillafüredi Pisztrángtelepen (2. táblázat). Mintavételi pontok megnevezése: 1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 8 pont, melyek az ábrán bejelölésre kerültek (1. ábra).



1. ábra Mérési pontok

- 1. mintavételi pont: A Garadna-patak, a felső tőrendszert tápláló forrás mely a 7. mérésünk óta kiszáradt, ezáltal megszűnt.
- 2. mintavételi pont: Felső tőrendszert legnagyobb tava, amely döngöltföld medrű és nincs összekötetése a recirkulációs rendszerrel.
- 3. mintavételi pont: A föld alól feltörő Margit-forrás, amely az alsó tőrendszert táplálja

- 4. mintavételi pont: Betonmedrű halas medence
- 5. mintavételi pont: Betonmedrű halas medence
- 6. mintavételi pont: Betonmedrű halas medence
- 7. mintavételi pont: Az alsó tórendszer elvezető csatornája
- 8. mintavételi pont: A recirkulációs rendszer mamutszivattyúja ahonnan a megtisztított víz távozik. Az 6. mérésünk óta létező pont.

Az alsó és felső tórendszerek nincsenek egymással összekötésben. Az alsó tórendszer öt medencéje van összekötve a recirkulációs rendszerrel, ezért jelöltük ki mintavételi pontoknak.

2. táblázat Mintavételi időpontok

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
2012.06.03	2012.06.17	2012.07.01	2012.07.15	2012.07.29	2012.08.12	2012.08.26	2012.09.11	2012.09.23	2012.10.28

2.2 Fizikai paraméterek

A helyszínen digitális hőmérő segítségével levegő és víz hőmérsékletet mértünk. Jódszám lombikokban Winkler1 és Winkler2 oldat használatával oldott oxigént kötöttünk meg. PET-palackban vízmintát vetünk, melyet a mintavételezés utáni napon laboratóriumban vízkémiai vizsgálatokra elemeztük.

2.3 Vízkémiai meghatározások

A vízmintákat laboratóriumban a következő vizsgálatok alá vetettük Felföldy (1980) és Németh (1998) alapján:

1. A vízminták hőmérsékletének, pH-jának és vezetőképességének műszeres mérése.
2. Lebegőanyag mennyiség meghatározás: Ismert tömegű membránfilteren keresztül átszűrtük a vízmintánkat, majd a lebegőanyagot tartalmazó filtert súlyállandóságig szárítószekrényben szárítottuk, majd analitikai mérlegen megmértük, a kapott eredményekből számoltuk az eredményeket. A szűrt mintákat eltettük, a szűrt mintát igénylő feladatokhoz.

3. Oldott oxigén meghatározás: a terepen használt jódszám lombikokban képződött sárgás csapadékot, mely az oxigén mennyiséget mutatja cc. H_2SO_4 -al feloldottuk, keményítő indikátor hozzáadása után $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ -al szintelenre titráltuk az oldatunkat. A kapott fogyásokból oldott oxigén mennyiséget számoltunk.

4. Nitrit meghatározás: a lebegőanyag szűréséből fennmaradt mintát alfa-naftalinnal és szulfanil savval elegyítettük. Majd 40 percig állási idő után spektrofotométerrel, vak oldattal szemben 520 nm-en fotometráltuk.

5. Nitrát meghatározás: a szűrt mintánkhoz Na-szalicilátot adunk és homokfürdőn szárazra pároljuk. cc H_2SO_4 , desztillált víz és Seignette-só hozzáadása után vakoldattal szemben, spektrofotométerrel fotometráljuk 410 nm-en

6. Oldott orto-foszfát meghatározás: a szűrt mintánkhoz adunk molibdenát kénsavat és aszkorbinsavat, majd 10 perc várakozási idő után vakkal szemben fototmetráljuk 665 nm-en spektrofotométerrel.

7. Ammónia meghatározás: felrázott mintát desztilláló lombikba mérünk, hozzáadunk pár csepp fenoftalein indikátort és NaOH oldatot, az oldat erős rózsaszínűre változik. A szedőlombikba bórsavat mérünk, hozzáadunk Groák indikátort (halvány lila szín). Miután meggyőződünk róla, hogy a desztilláló készülékben áramlik a hűtővíz, feltesszük a szedőlombikot, majd a mintát tartalmazó desztilláló lombikot. A bórsav színe zöldé változik, levesszük a lombikot és HCl-al az eredeti színére titráljuk

8. Kémiai oxigén igény meghatározása KOI_{SMn} módszerrel: fele-fele arányban vízmintát és desztillált vizet Erlenmeyer lombikba mérünk, hozzáadunk kénsavat és két darab forrkövet, majd felforraljuk. A forrásban lévő oldathoz KMnO_4 oldatot adunk és tovább forraljuk 10 percen át, ezután rögtön oxálsavat pipetázunk hozzá. A még forró elegyet KMnO_4 oldattal halványrózsaszín megjelenésig titráljuk.

9. Klorofill-a meghatározása metanolos módszerrel: a vízmintát üvegszál filteren átszűrjük. A szűrletet tartalmazó filtert metanolos kémcsőbe helyezzük, majd felforraljuk. Lehűlés után 653; 666; 750 nm-en fototmetráljuk spektrofotométerrel.

3. Eredmények ismertetése és kiértékelése

3.1 Az eredmények statisztika elemzése

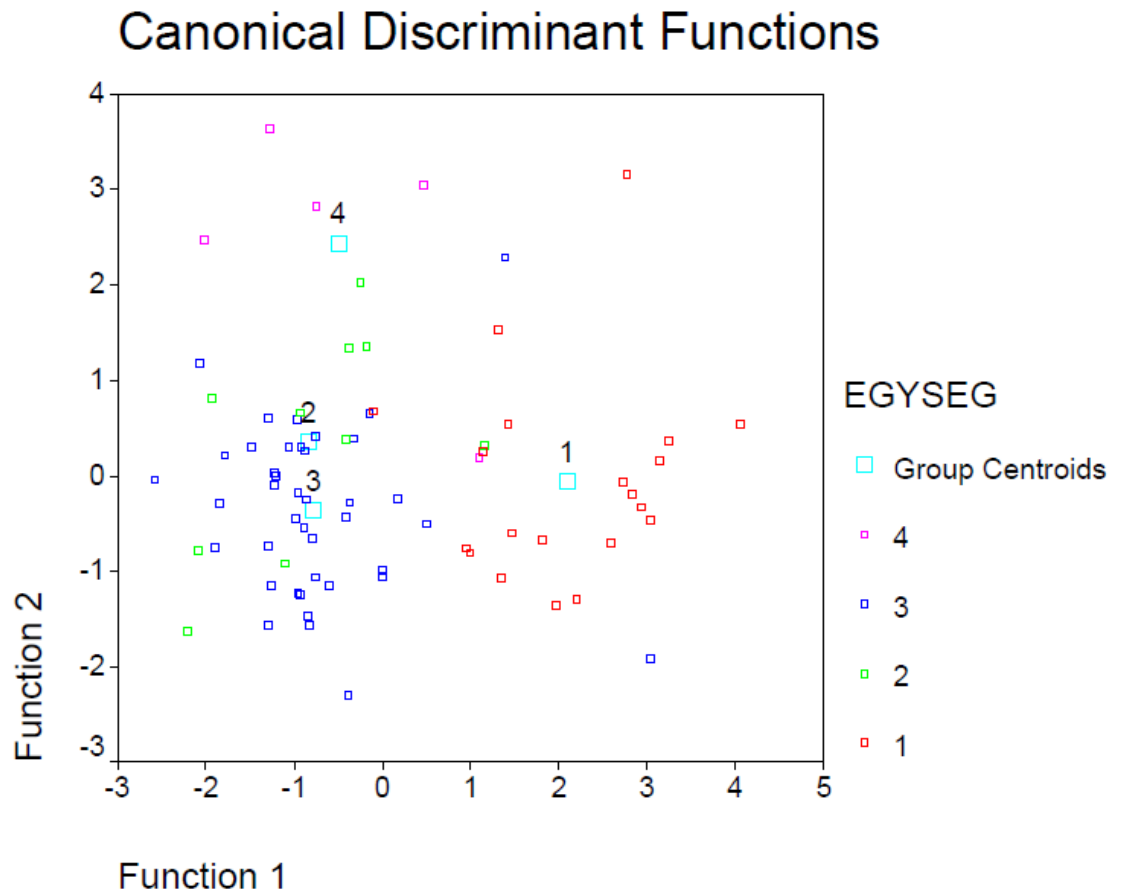
A két hetes periódusokban végzett mérések alapján az idő és az egységek függvényében tudtuk elemezni az eredményeinket. A nyolc mérési pontot 4 részre bontottuk, a következők alapján.

- I. Az egyes egység a telep tórendszerének Felső szakasza, amely nincs semmilyen kapcsolatban az Alsó tórendszerrel, nevezzük kontroll csoportnak. Két mérési pontunk található ebben az egységben az 1-es és 2-es pont. Az 1-es pont a Garadna-patak, amely az aszályos időjárás miatt kiszáradt. A 2-es pont a Felső tórendszer legnagyobb tava.
- II. A Kettes egység az Alsó tórendszer táplálója a Margit-forrás (3-as pont).
- III. A Hármas egység a legnagyobb egységünk. Itt a halas medencéket, és a kifolyó vizet csoportosítottuk. Egybefoglalja a 4; 5; 6; 7;- es pontjainkat.
- IV. A Négyes egység a 6. mintázásunkkor jelenik meg, mikor beindul a rendszer. A recirkulációs rendszerből kitörő tisztított víz (8-as pont).

Idő szerinti megfigyeléseinket két időszakra bontottuk, a recirkulációs rendszer beindulását megelőző és a beindulását követő időszakra. Mind a két időszakból öt mintánk van. Az első öt minta a recirkulációs rendszer beindulását megelőző adatsorok. Az utolsó öt minta pedig a beindulást követő időszakot tartalmazza.

Az eredmények kiértékeléséhez variancia analízist használtunk. Az egységeket nézve azt tapasztaltuk, hogy az Egyes egység jól elkülönül a többi egységtől. Ami azt jelenti, hogy az Alsó és felső tórendszer a mért értékek alapján, ténylegesen nincsenek egymással összekötetésben.

A kettes, hármas, és négyes egység egymásba tömörülése, jelzi, hogy a recirkulációs rendszerből kifolyt víz valóban befolyásolja a vele összekötetésben lévő összes medence, vízkémiai állapotát (2. ábra). Ezt a megállapítást CDA-val ábrázoltuk és T-próbával igazoltuk (SPSS Inc. 1998).



2. ábra Egységek eloszlása

Az ANOVA-val vizsgált idő és egységek kimutatták, hogy az időfüggvényét nézve az idő csak a pH szintre van befolyással. Egységre nézve pedig a Hármas egységre. Hármas egységből az 5-ös és 6-os mérési pontoknál lehet megfigyelni a legnagyobb változásokat (2. ábra).

Az 5-ös és 6-os mérési pontnál az eltelt időfüggvényében azt tapasztaltuk, hogy a recirkulációs rendszer beindulása után szignifikánsak az értékek. A legnagyobb eltéréseket a nitrát és a lebegőanyag tartalomnál tapasztaltunk. A többi mért komponensnél az értékek nem változtak, vagy nagyon kismértékű a változás.

3.2 Kémiai paraméterek

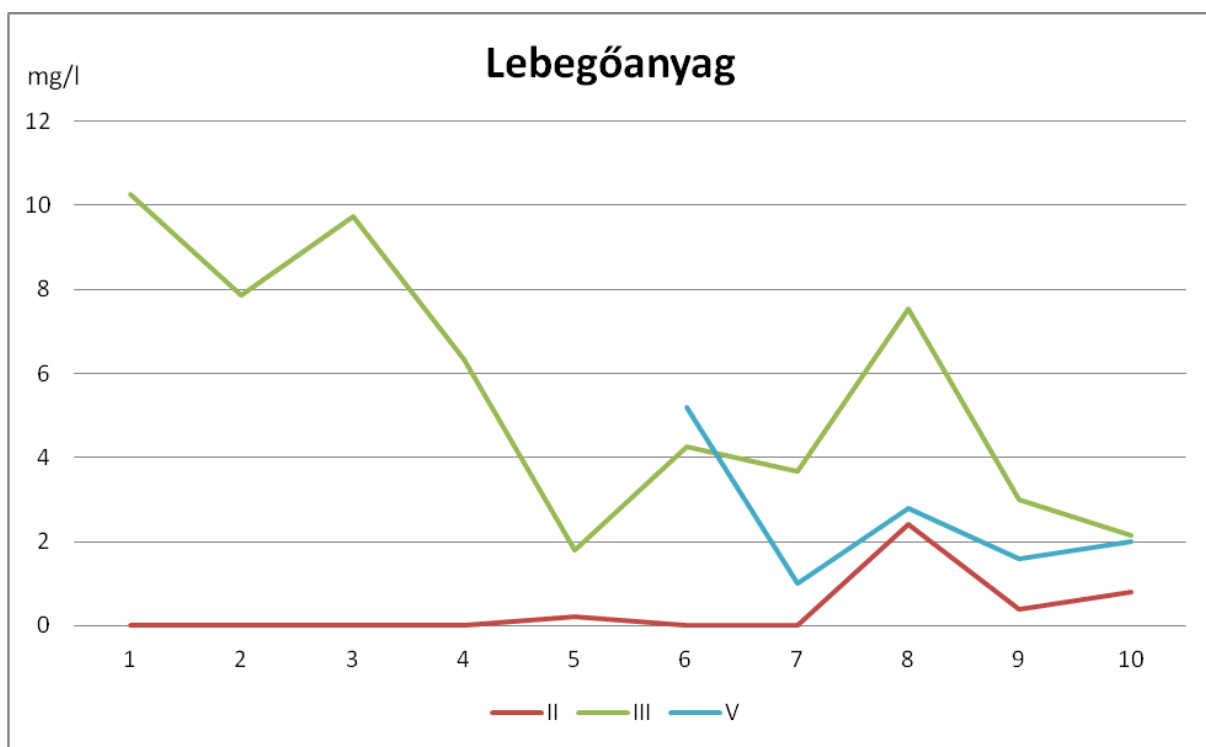
Ezeket az eredményeket a statisztikai módszereknél leírt egységek alapján végeztük el. Változás érte viszont a IV funkciós csoportot, amiből a hét pont, azaz az elfolyó csatorna, külön lett választva, mivel tartalmazza telepről származó összes kiengedett vizet, például ami a keltetőből származik. Valamint az I. funkciós csoport nincs bevonva az értékelésbe, révén a valóságban az nem csatlakozik a recirkulációs műtárgyas tőrendszerhez (1. ábra). Tehát a következőképpen alakulnak a funkciós csoportok:

- III. A Hármás egység a legnagyobb egységünk. Itt a halas medencéket, és a kifolyó vizet csoportosítottuk. Egybefoglalja a 4; 5; 6-os pontokat.
- IV. A Négyes egység az összes elfolyó vizet szimbolizáló csatorna (7-es pont).
- V. Az Ötös egység a 6. mintázásukkor jelenik meg, mikor beindul a rendszer. A recirkulációs rendszerből kitörő tisztított víz. (8-as pont a mintavételi helyen)

A pH, vezetőképesség, hőmérséklet, orto-foszfát valamint klorofil-a eredmények nem mutattak jelentős változást a rendszer életében, így azokat külön nem értékeltük ki.

3.2.1 Lebegőanyag

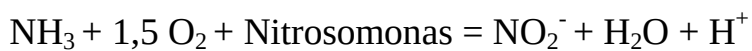
Lebegőanyag eltávolítás hatékonysága számottevően javult a dobszűrő beépítése után. Mértéke 0,00 és 303,20 mg/l között volt a funkciós csoportokon belül, átlagosan pedig 0,38 és 43,78 mg/l között, míg a standard eltérés 0,76-től 92,75 mg/l-ig változott. A Margitforrás, azaz a II. funkciós csoport tartalmazza a legkevesebb lebegőanyagot (3. ábra), míg az elfolyó víztartalmazza a legtöbbet. A halas medencék szignifikáns mértékben terheltek lebegőanyaggal. A 8. mintavételi alkalommal hiánypótló esőzés után a bemosódás megemelte a Margit forrás értékeit, ami aztán rányomta a bélyegét az összes többi csoportra is. A IV. funkciós csoportot a 3-as ábrán nem tüntettük fel, mert a nagyon magas értékek torzítják a többi funkciós csoport vizuális értékét, mivel sajnos több esetben nagyságrenddel nagyobb. Összességében 25-30%-s javulás volt tapasztalható a dobszűrő használatát követően a lebegőanyag tartalom visszatartásban.



3. ábra Lebegőanyag tartalom

3.2.2 A nitrogén háztartás

A beépített recirkulációs rendszer lehetővé teszi a víz forgatását a rendszerben, ami különösen hatékonyá teszi a vízfelhasználást. A kevés nyári csapadék miatt a recirkulációs rendszer nagy szerepet játszott a pisztráng telep vízigényének kielégítésében. Ugyanakkor a biofilteres rendszerben az előtelepített mikroorganizmusok hatása révén beindul a nitrifikációs folyamat; lépései a következők:



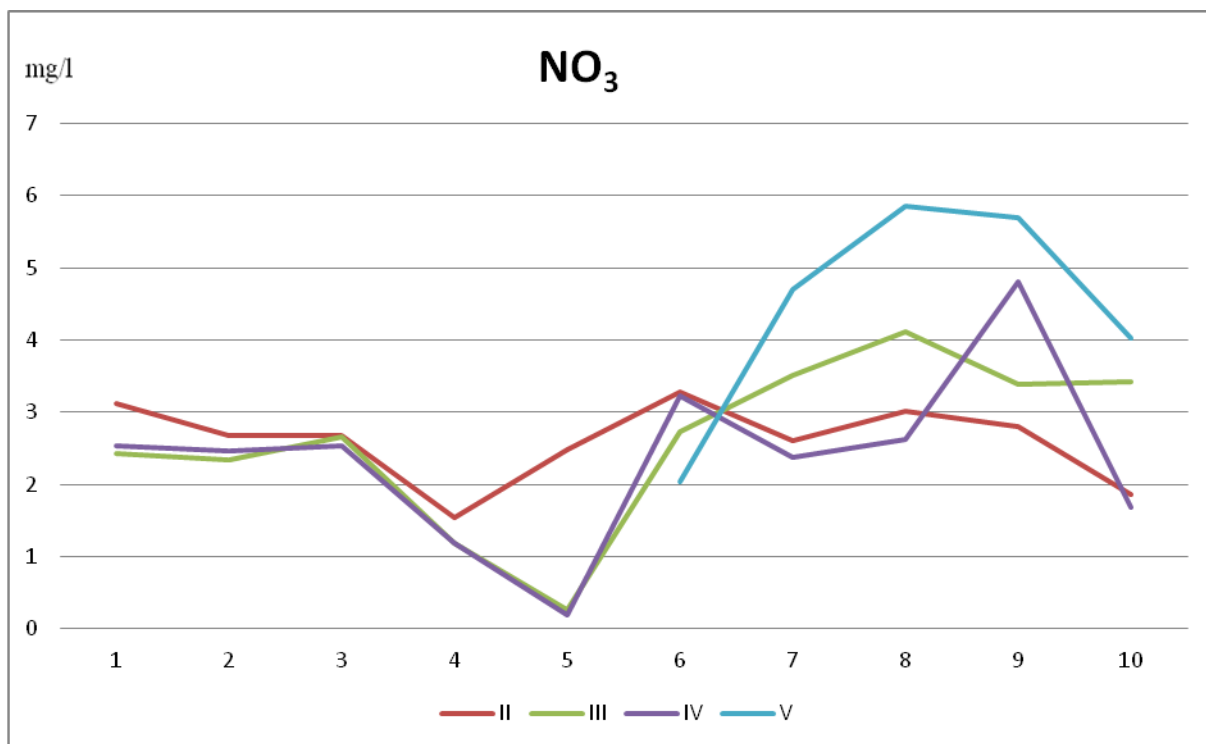
Az ammónia nitrit és nitrát eredmények a (3. táblázat)-ban találhatóak.

3. táblázat NH₃, NO₂, NO₃ eredmények

	NH ₃ mg/l Funkciós csoportok					NO ₂ mg/l Funkciós csoportok					NO ₃ mg/l Funkciós csoportok				
	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V
1	1,67	0,17	1,64	2,88		2,08	0,02	0,15	0,13		1,10	3,12	2,43	2,53	
2	1,05	0,55	0,65	0,52		0,06	0,01	0,08	0,03		1,05	2,68	2,35	2,47	
3	0,13	0,23	0,62	0,20		0,06	0,04	0,58	0,02		0,66	2,68	2,66	2,53	
4	0,09	2,04	0,78	0,88		0,16	0,01	0,12	0,12		0,46	1,54	1,19	1,19	
5	1,56	1,90	0,96	0,17		0,35	0,02	0,25	0,10		1,07	2,48	0,26	0,19	
6	0,29	0,00	0,26	0,00	0,14	0,18	0,04	0,12	0,10	0,63	3,33	3,28	2,73	3,23	2,04
7	0,00	0,00	0,07	0,03	0,00	0,19	0,00	0,30	0,13	0,31	1,12	2,61	3,50	2,38	4,69
8	1,14	0,38	5,84	5,71	8,00	0,12	0,05	0,27	0,19	0,29	0,80	3,02	4,11	2,62	5,85
9	0,06	0,14	1,04	0,43	0,17	0,07	0,02	0,30	0,09	0,07	2,25	2,80	3,39	4,81	5,70
10	0,00	0,00	0,11	0,00	0,00	0,14	0,01	0,32	0,55	0,17	2,39	1,87	3,43	1,67	4,02
Átlag	0,60	0,54	1,20	1,08	1,66	0,34	0,02	0,25	0,14	0,29	1,42	2,61	2,60	2,36	4,46
Szórás±	0,68	0,77	1,70	1,84	3,54	0,62	0,01	0,15	0,15	0,21	0,92	0,54	1,15	1,22	1,55

Az ammónia tartalom a vízben 0,00 és 8,00 mg/l között volt a funkciós csoportokon belül, átlagosan pedig 0,60 és 1,66 mg/l között; míg a standard eltérés 0,68-tól 3,54 mg/l-ig változott. A 0,00 mg/l érték jellemzően a befolyó Margitforrásban voltak tapasztalható, míg a nagy értékek pedig a 8. alkalommal vett minta sorban voltak található. Látható, hogy az ammónia értékek a recirkulációs rendszer beindítás előtt némiképpen magasabb értékekűek, ami a még nem folyó nitrifikációra utal.

A nitrit értékek képviselik az ammónia nitráttá oxidálódásának középső lépését. Mennyiségét tekintve 0,00 és 2,08 mg/l értékek között volt a funkciós csoportokon belül, átlagosan pedig 0,02 és 0,34 mg/l között, míg a standard eltérés 0,01-től 0,63 mg/l-ig változott.



4. ábra Nitrát tartalom alakulása

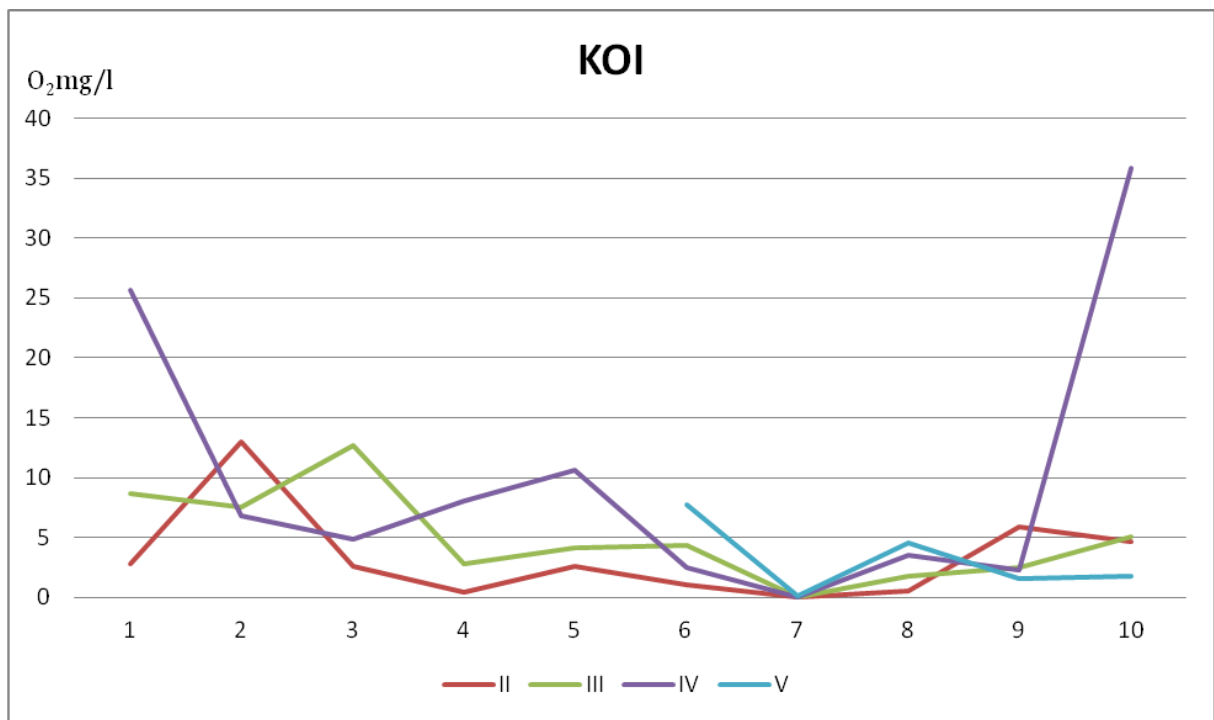
A nitrát eredmények 0,26 és 5,85 mg/l között voltak a funkciós csoportokon belül, átlagosan pedig 1,42 és 4,46 mg/l között, míg a standard eltérés 0,54-től 1,55 mg/l-ig változott. A re cirkulációs rendszer beiktatását követően szignifikánsan emelkedet a nitrát koncentráció, ami a nitrifikációval magyarázható (4. ábra). A recirkulációs rendszernél közvetlenül vett mintáknál jól láthatóan elválík a baktérium tömeg munkája, ami a későbbi mintáknál már a hígulás miatt kevésbé észrevehető. A mintázás első fázisában, jellemzően az 5. alkalomig, az elfolyó víz és a belső tórendszer nitrát koncentráció tartalma egymást fedve halad. A 6. alkalomtól viszont teljesen elválík a görbék egymástól. A III. funkciós csoport nitrát koncentrációját a nitrifikációs folyamat emeli (V. funkciós csoport), viszont az elfolyóra már kevésbé hat ki (IV. funkciós csoport). Az elfolyó sokkal inkább a Margit forrás nitrát koncentrációjával korrelál (II. funkciós csoport). Az elfolyó víz nem csak a halas medencékből leengedett vizet tartalmazza, hanem a keltető medencékből távozót is, ami pedig a Margitforrásból származik közvetlenül, így az elfolyó víz, ha a halas medencékből kevesebb vizet engednek le, már pedig az ide nyáron a kevés csapadék miatt ez történt, akkor azt leginkább a keltető medence nitrát koncentrációja fogja meghatározni.

3.2.3 Kémiai oxigén igény és oldott oxigén tartalom

4. táblázat Oldott oxigén koncentráció és KOI_{sMn} ismertetése

Oldott oxigén koncentráció mg/l Funkciós csoport						KOI_{sMn} O ₂ mg/l Funkciós csoport				
	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V
1	9,52	6,09	5,14	4,57		9,48	2,76	8,69	25,63	
2	3,05	9,52	3,43	6,09		12,31	13,01	7,54	6,86	
3	5,33	2,67	4,19	3,43		12,58	2,60	12,65	4,89	
4	4,19	6,09	5,90	3,05		1,72	0,41	2,84	8,04	
5	7,24	2,29	9,14	4,57		7,02	2,55	4,15	10,64	
6	10,28	9,52	2,54	6,09	7,24	4,58	1,02	4,39	2,47	7,71
7	11,04	9,52	0,07	0,00	8,76	7,71	0,03	0,05	0,03	0,09
8	9,90	8,38	4,91	5,71	8,00	4,22	0,56	1,74	3,52	4,51
9	10,07	8,02	7,24	4,85	10,66	5,35	5,91	2,49	2,25	1,55
10	10,66	8,38	2,96	9,14	12,95	9,26	4,68	5,10	35,88	1,77
Átlag	8,13	7,05	4,55	4,75	9,52	7,42	3,35	4,96	10,02	3,13
Szórás ±	2,95	2,72	2,55	2,38	2,30	3,55	3,89	3,74	11,61	3,02

A kémiai oxigénigény 0,03 és 35,88 O₂ mg/l között voltak a funkciós csoportokon belül, átlagosan pedig 3,13 és 10,02 O₂ mg/l között, míg a standard eltérés 3,02-től 11,61 O₂ mg/l-ig változott (4. táblázat). Mind a 10 mintavételi alkalom esetében mértékadó Margit forrás oxigén igénye a funkciós csoportokon belül. A recirkulációs rendszer beindítása előtt azonban még komolyabb szerves anyagterhelés tapasztalható a funkciós csoportokban, ami az elfolyó vizét is erősebben érintette. (5. ábra) a 6. mintavételi alkalomtól viszont a nitrifikációs folyamat beindulásával a mikroorganizmusok által felvett szerves anyag csökkenti a tavak oxigénigényét. Az elfolyó víz oxigénigénye is jelentős mértékben csökkent, hiszen leszámítva a 10. mintavételi alkalom minden esetben 5 O₂ mg/l alatt volt, ennek megfelelően az összes többi funkciós csoporté is. A 10. mintavételi alkalom esetében a kiugró értéket a megemelkedett lebegőanyag okozta, ez egy jelentős vízszint csökkenéssel hozható összefüggésbe, ami felkavarodást váltott ki.



5. ábra KOI mérési eredményei

Az oldott oxigéntartalomnál a kiugróan magas értékeket produkáló I. funkciós csoportnál magas lebegőanyag tartalmat és algavirágzást tapasztaltunk a mintázás során. Az így kapott kiugróan magas értékeket ezek a tényezők befolyásolhatták.

4. Összefoglalás

Számos negatív és pozitív eredmény született a recirkulációs rendszert használó telepek vizsgálatakor Emmanuelle és Jeanine (2009); Heinen et al. (1995). Ezek a vizsgálatok eltérő eredményekről számoltak be.

Összegzésben elmondható a teleppel kapcsolatban, hogy az eredmények a lebegőanyag mennyiségét nézve számottevően 25-30%-os javulás volt tapasztalható a dobszűrő beépítése után. A nitrogén háztartás szempontjából a mikrobiális tevékenységnek köszönhetően a rendszerben lévő ammónia sikeresen nitrátá alakult. A kémiai oxigén igény a recirkulációs rendszer beindítása előtt komolyabb szerves anyagterhelés volt tapasztalható, a rendszer beindulása utáni mintavételi alkalomtól viszont a csökkent a tavak oxigénigénye. A statisztikai elemzéseink során idő és egységek kimutatták, hogy az időfüggvényét nézve az idő csak a pH szintre van befolyással, egységre nézve pedig csak a III-as funkciós csoportnál láthatunk szignifikanciát.

A telepről kapott visszajelzések alapján, a rendszer beindulását követően csökkentek, szinte megszűntek az elhullások, így folyamatosan terhelni lehet a medencéket, a nagyobb termelés érdekében. Kevesebb légkeverőt kell üzemeltetni, mint a rendszer beindulása előtt. A biofilteren található baktériumok, mennyisége folyamatosan nő. Ezáltal a rendszer hatásfoka is várhatóan növekedni fog. Folyamatosan terhelni lehet a medencéket és egy folyamatos stabil rendszer sokkal megbízhatóbb, esetlegesen csak egy havária szerű zavar okozhat problémát.

Köszönetnyilvánítás

Köszönettel tartozok témavezetőimnek Gyulai István egyetemi tanársegédnek, Veres Zoltán PhD hallgatónak és külső konzulensemnek Hoitsy Györgynek a Lillafüredi Pisztrángtelep vezetőjének, hogy végig segítették munkámat.

Külön megköszönném Simon Edina egyetemi adjunktusnak, Kundrát J. Tamás PhD hallgatónak és csoporttársaimnak Ecsedi Beatrixnak és Szabó Évának a laboratóriumban nyújtott segítségüket.

Az OTDK dolgozat elkészítését a TÁMOP-4.2.2/B-10/1-2010-0024 számú projekt támogatta. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.

Irodalmi jegyzék

- Alicia, C.N.: Major Diseases Encountered in Rainbow Trout Reared in Recirculating Systems, The Conservation Fund's Freshwater Institute Shepherdstown, West Virginia
- Burnie, D. and Wilson D.E. (Eds.) (2005): Animal: The Definitive Visual Guide to the World's Wildlife. DK Adult. ISBN 0789477645
- Ceschia, G.;Giorgetfi, R.; Giavenni, R. and Sarti, M. (1992): A new problem for Italian trout farms: Streptococcosis in Rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). " Bulletin of the European Association of Fish Pathologist 12 : 71-72.
- Dévai Gy., Dévai I., Felföldy L., Wittner I. (1992): Vízminőség és ökológiai vízminősítés. A vízminőség fogalomrendszerének egy átfogó koncepciója. Acta Biologica Debrecina. Suppl. Oecol. Hung. Debrecen, 4: 49-185
- Emmanuelle. R. d'O.; Jeanine. P-Le R. (2009): Comparative growth and welfare in rainbow trout reared in recirculating and flow through rearing systems - IFREMER, Station d'Aquaculture Expérimentale, Laboratoire de Recherche Piscicole de Méditerranée. Chemin de Maguelone, 34250 Palavas-les-Flots, France
- EPA. (2004): United States Environmental Protection Agency - Water: Whole Effluent Toxicity.
- Heinen, J.; A.L. Weber; A.C. Noble; and J.D. Morton. (1995): "Tolerance to Formalin by a Fluidized-Bed Biofilter and Rainbow Trout (*Onchorynchus mykiss*) in a Recirculating Culture System."Journal of the World Aquaculture So.óúciety, 26 : 65-71.
- Hoitsy Gy. (1986): A sebes pisztráng (*Salmo trutta L. m. fario Berg*) és a szivárványos pisztráng (*Salmo gairdneri Gibbons*) szaporítása és ivadéknevelése a BEFAG Lillafüredi pisztrángtelepen. Szakdolgozat Debrecen
- Hoitsy Gy. (1994): A Zemplén-hegység patakjainak hal-ökofaunisztikai felmérése. Halászat 87:156-159
- Hoitsy Gy. (2002): A pisztráng tenyésztése és horgászata. Magánkiadás

- Hoitsy Gy. (2009): Előadás: Hazai intenzív pisztrángtenyésztés jelenlegi problémái, a dániai modell adaptálásának lehetőségei, a kistavas intenzív halnevelés gyakorlati tapasztalatai SustainAqua Konferencia Szarvas.
- Molnár K., Szakloczai J. (1980): Halbetegségek. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest
- Martonné E.K., (2001): Magyarország tájféldrajza, Kossuth Egyetemi Kiadó, Debrecen,
- Németh J. (1998): A biológiai vízminősítés módszerei. Környezetgazdálkodási Intézet. Budapest. 230-232.
- Péteri A.; Janurik E.; Kepenyés J. (2000): Kis és középüzemi méretű recirkulációs rendszer halivadék nevelésére / XXIV. Halászati Tudományos Tanácskozás. p. 10.
- Roberts, J.R.; Shepherd C.J. (1974): Handbook of Trout and Salmon Diseases. Fishing News Books Limited, Farnham, Surrey, England
- Stevenson J.P. (1980): Trout farming manual. Fishing News Books Limited, Farnham, Surrey, England
- Steven, T.S.; J. Davidson (2010): Rainbow trout production in water recirculating systems - The Conservation Fund's Freshwater Institute 1098 Turner Road, Shepherdstown, WV 25443
- Steven, T. Summerfelt; Joseph, A.H.; Amy, L.W.; Martin, D.D. (1997): Ozonation of a recirculating rainbow trout culture system - The Conservation Fund's Freshwater Institute, P.O. Box 1746, Shepherdstown, WV 25443, USA
- SPSS Inc. (1998.): SPSS for Windows Rel. 8.0. SPSS Inc., Chicago.
- Vásárhelyi I. (1963): Pisztráng tenyésztés, Országos Erdészeti Főigazgatóság Kiadó, Budapest