

Szent István Egyetem
Gazdasági, Agrár- és Egészségtudományi Kar, SZIE – GK - Tessedik Campus
Környezettudományi Intézet

A SZERVESSZÉN ADAGOLÁS HATÁSÁNAK VIZSGÁLATA A VÍZMINŐSÉGRE ÉS HALHOZAMOKRA A KOMBINÁLT HALTERMELŐ RENDSZEREKBEN

XXXI. Országos Tudományos Diákköri Konferencia

Készítette:

Fekete Szabolcs

II. évfolyam
Környezetgazdálkodási agrármérnök

Konzulens:

Dr. Jakab Gusztáv
egyetemi docens

Külső konzulens:

Dr. Gál Dénes
tudományos főmunkatárs
Halászati és Öntözési Kutatóintézet

Szarvas
2012

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés	3
2. Irodalmi áttekintés	5
3. Anyag és módszer	14
3.1. A kísérleti rendszer leírása	14
3.2. Vizsgált paraméterek	15
3.3. Elemzési módszerek	17
4. Eredmények	20
4.1. Vízhminőségi paraméterek alakulása	22
5. Az eredmények értékelése	32
6. Következtetések	35
7. Összefoglalás	37
 Irodalomjegyzék	 39
Köszönetnyilvánítás	42
Függelék	43

1. Bevezetés

A magyarországi haltermelés bázisát a tavi haltermelés adja, az étkezési haltermelésünk megközelítően 86 %-a, mintegy 25.000 ha halastóból származik (PINTÉR, 2010). Mivel a halastavak adják a hazai termelési bázis meghatározó részét, ezért a haltermelés-fejlesztésének egyik legkézenfekvőbb területe a halastavakban rejlő termelésbiológiai potenciál jobb kihasználása; részben a hagyományos tavi termelés tápanyagforgalmi viszonyainak optimalizálása révén (a takarmányozási költségek csökkentése a természetes hozam mennyiségének növelésével), részben pedig a tavi termelés intenzitásának növelésével (fajlagos árbevétel növelése).

A magasabb termelési intenzitású, de ökológiailag is fenntartható tavi haltermelő rendszerek fejlesztésének új iránya a különböző termelési technológiák összekapcsolásával létrehozott ún. kombinált haltermelő rendszerek kialakítása. A kombinált haltermelő rendszerek fejlesztésének célja egy a tavi halgazdálkodók számára alkalmazható termelési technológia kialakítása, amely lehetőséget biztosít az erőforrások (víz, tápanyagok, takarmány) hatékonyabb használatára, valamint arra, hogy a technológia alkalmazásával bővítsék az általuk termelt halfajok számát értékes halfajok termelésbe vonásával.

A rendszer működésének az alapelve, hogy az intenzív és extenzív haltermelési technológiákat összekapcsoljuk, így a haltermelő rendszerbe bekerült tápanyagok több, különböző haltermelési cikluson keresztül hasznosulnak. A különböző termelési egységek összekapcsolásával csökkenthető a haltermelés vízigénye és a környezetbe kibocsátott tápanyagterhelés, miközben egységnyi takarmány felhasználásával több hal állítható elő (DIAB et al., 1992; GÁL, 2006). A termeléstechológia fejlesztési munka célja az volt, hogy kialakítson egy új ragadozóhal haltermelési technológiát a tavi haltermelők részére, amely növeli a tápanyagok (takarmány) hasznosításának hatékonyságát. A rendszer fejlesztésének közvetlen célja volt:

- 1.a termelékenység növelése,
- 2.a termelt halfajok választékának bővítése,
- 3.a tápanyagok újrahasznosítása a rendszeren belül.

Egy olyan víztakarékos, környezetbarát és egyben gazdaságos haltermelési technológia üzemi szintre fejlesztése volt, amely alkalmas a tavakból lecsapolásra kerülő víznek újbóli felhasználására, és a környezet szerves anyag terhelésének minimalizálására.

A kombinált rendszerek működésének kulcsa az extenzív rész vízkezelő, tápanyag-feldolgozó képessége, ami különböző technológiai elemek alkalmazásával tovább fokozható. A kísérleteink során eddig tisztáztuk az élőbevonat alkalmazásának hatását az extenzív tó tápanyagfeldolgozó-képességének növelésére (GÁL et al., 2011). A kiegészítő szerves szén adagolás vízminőség javító hatása az akvakultúrák rendszereknél azon az elgondoláson alapszik, hogy a szerves szén bejuttatással a heterotróf bakteriális produkció fokozható, a fokozottabb bakteriális termelés pedig szükségképpen emelkedett nitrogénfelvétellel jár együtt (ANVIMELECH, 1999). A legújabb vizsgálatokban a kiegészítő szerves szén adagolás hatását vizsgáltuk és hasonlítottuk össze az élőbevonat alkalmazásával nyert eredményekkel a kombinált rendszer vízminősége és a tápanyagok halhozamok formájában történő hasznosítására vonatkozóan.

A vizsgálataimmal egy olyan a szarvasi Halászati és Öntözési Kutatóintézetben folyó kutatási programba kapcsolódtam be, amelynek célja egy olyan tavi termelési technológia fejlesztése, amely az intenzív és extenzív haltermelés kombinációján alapul. E megoldással javítható a tápanyagok visszatartása és hasznosítása a haltermelő rendszeren belül. A különböző termelési egységek összekapcsolásával csökkenthető a haltermelés vízigénye és a környezetbe kibocsátott szerves és szervesetlen tápanyagterhelés, miközben egységnyi takarmány felhasználásával több hal állítható elő.

Vizsgálataim során a következő kérdésekre kerestem a választ:

1. Miként valósítható meg a fenntartható kombinált haltermelő rendszerek működése?
2. Milyen módon valósul meg a halnevelő medencék tápanyag feldolgozó képessége?
3. Hogyan változik az extenzív és az intenzív rendszerek halhozama és a vízminősége a különböző vizsgálataink során?
4. Hogyan befolyásolja az alkalmazott élőbevonat mérete a halastó nitrogén forgalmát?

2. Irodalmi áttekintés

Az akvakultúra sajátosságánál fogva nagymértékben integrálódik az őt körülvevő környezetbe. A fenntartható fejlődés biztosításának egyik alapvető feltétele a természeti erőforrások kíméletes hasznosítása, a természeti környezet minőségének megőrzése és javítása. Mivel a haltermelés egyik legfontosabb természeti erőforrásunknak, víznek a közvetlen hasznosítója, ezért a tógazdasági haltermelés fejlesztése során kiemelten kell foglalkozni a vízi erőforrások kíméletes és takarékos felhasználásával, illetve a vízi környezet védelmével (GÁL, 2007)

A hazánkban előállított halhús döntő részét tavakban termelik (PINTÉR, 2010). A tógazdasági termelést más, főként istállózott állattenyésztési ágazatoktól eltérően, a termelés helyét képező élőhelytől való nagymérvű függés jellemzi. A termelés alapvetően a tavi életközösség táplálkozási láncán keresztül történik, amelybe nemegyszer csak közvetetten tudunk beavatkozni. A hazánkban is széles körben alkalmazott fél-intenzív tógazdasági termelési technológia a tavak produkcióbiológiai folyamatain alapuló a természetes és a takarmányhozam kombinációján alapszik. Jellemzően az előállított haltömeg 30-45 %-a természetes hozamból származik (KESTEMONT, 1995), amely alapvetően meghatározza a tavi termelés gazdaságosságát. A tavi termelés során a hal növekedéséhez szükséges fehérje mennyiségét elsősorban a tóban található táplálékszervezetek biztosítják, miközben a szükséges táplálékmenyiség takarmányozással kerül a halastavakba (TASNÁDI, 1983; HANCZ, 2000; WOYNÁROVICH, 2005)

Egy nemzetközi kutatócsoport, a Nature folyóiratban megjelent közleményében foglalta össze az akvakultúra előtt álló kihívásokat (NAYLOR et al., 2000) A tanulmányban kiemelik a fenntartható haltermelés érdekében szükséges tennivalókat: az alacsony táplálkozási szinteken lévő halfajok termelésének kiterjesztése; a halliszt és halolaj felhasználásának csökkentése a haltakarmányokban; integrált haltermelő rendszerek fejlesztése; környezetbarát haltermelési gyakorlat támogatása. Ugyanakkor a fogyasztói igények változásával egyre inkább a jó minőségű, értékesebb, elsősorban ragadozó fajok termelése növekszik, amelyeket elsősorban iparszerű rendszerekben, haltápok felhasználásával állítanak elő.

A növények, elsősorban a növényi plankton szervezetek, a vízben található szerves szénből és ásványi anyagokból, a nap energiáját hasznosítva, szerves anyagot fotoszintetizálnak. A növények által termelt szerves anyagot az állati szervezetek hasznosítják és halmozzák fel, majd egy másik táplálkozási szinten található szervezetek élelmét képezik. Ezt az anyagforgalmat és energiaáramlást követve jutunk el a halhoz. Az autotróf szervezetek energiamegkötő folyamataikon túl, fontos szerepet töltenek be az oxigéntermelésben és a vízminőség szabályozásában is. Mindezek a folyamatok egy létesített halastó esetében is fennállnak. Ugyanakkor a trágyázott és takarmányozott halastavaknál a bakteriális tápláléklánc is kiemelkedő jelentőséggel bír (FELFÖLDY, 1981)

A halastavakon végzett produkcióbiológiai vizsgálatok, a táplálkozási kapcsolatok tanulmányozásának eredményei, valamint a halas tavi szerves trágyázás során feltárt törvényszerűségek jól alkalmazhatóak az integrált haltermelési, továbbá a vízkezelési technológiák kialakításakor.

A produkcióbiológiai megközelítés sarkalatos pontja az elsődleges termelés értékelése, amelynek mérésére többféle módszert dolgoztak ki. Hosszú időn át az elsődleges termelés mérését *in vitro*, ún. sötét-világos palack módszerrel (FELFÖLDY, 1987) végezték, amely a halastavakban naponta képződő szervesanyag-termelés jelentős alulbecslését jelentette, így nem tette lehetővé a tavak mindennapos halprodukcióját meghatározó reális transzformáció-arányok megértését (OLÁH et al., 1986b). Az elsődleges termelés természetes környezetben való mérését (ODUM, 1956) vázolta a napi oxigéngörbék matematikai értékelésére alapozva, amely alapelveit, bár módosítva, de használtunk a kombinált rendszerben folyó elsődleges termelés megbecsléséhez.

A haltermelés során a halastóban zajló produkcióbiológiai folyamatok ökoteknológiai elemek használatával, mint például az élőbevonat alkalmazásával, vagy a tápanyagarányok befolyásolásával a haltermelési céloknak megfelelően alakíthatóak.

Az élőbevonatot perifiton hasznosító haltermelési technológia alkalmazásával fokozható a természetes táplálékszervezetek termelése és hasznosítása a haltermelés során. A tápanyagok jobb hasznosítása a haltermelő rendszerekben csökkenti a termelési folyamat során kibocsátott tápanyagok mennyiségét a természetes vizekbe. A haltermelés nagyobb azokban a tavakban, amelyekben az élőbevonat képződésének elősegítésére mesterséges aljzatot helyeztek ki. A kihelyezett felületeken képződő élőbevonat révén az elsődleges

termelés és a heterotróf átalakító folyamatok lényegesen nagyobb intenzitással mennek végbe a vízi életközösségben, illetve önmaga is egy új táplálékláncnak képezi az alapját, amelynek eredményeképpen a produkció többlet egy része halhozam formájában hasznosul. A felületen rögzült élőbevonat fogyasztása a halak számára lényegesen hatékonyabb, mint a lebegő planktonikus táplálékszervezetek szűrése, illetve több halfaj is képes azt hasznosítani. Az élőbevonat vízkezelő tavakban történő alkalmazása ugyancsak megnöveli a tisztítási, tápanyag eltávolítási kapacitást. A perifiton a vízben lévő szilárd felületeken létesült mikroflóra (WETZEL, 1975), amely alga, baktérium, állat s egyéb heterotróf szervezetek által kialakított életközösség. Ezen életközösségek fontos szerepet töltenek be a természetes vizek és a halastavak termelő folyamataiban az általuk létrehozott jelentős mennyiségű szerves anyag révén. A perifiton a lebegő egysejtű algákkal ellentétben, a vízben élő halfajok nagy része számára könnyen hozzáférhető táplálék. A perifiton termelődésére alkalmas felületek létesítésével növelhető a halastavakban képződő természetes táplálék mennyisége (KISS et al., 2004). Ezen túl a perifiton alkalmas a halastavak vízminőségének javítására is (LAKATOS et al., 1999). A perifiton alkalmazásának vizsgálatára haltermelő rendszerek esetében már sor került trópusi (AZIM, 2001), illetve szubtrópusi (MILSTEIN - LEV, 2004) halastavaknál, ahol a természetes hozam megduplázódásáról számoltak be.

A fenntartható tavi haltermelő rendszerek optimális működéséhez gondoskodnunk kell a megfelelő C/N arányról. A C/N arány szabályozásával javíthatjuk, de csekélyen vagy túlzottan adagolt pótlólagos szénforással ronthatjuk a vízminőségét. Az élőbevonat alkalmazása során számottevő mértékben emelhetőek a további halhozamok az extenzív egységben, mint a C/N arány szabályozással.

A szerves szén adagolás csak kismértékben redukálta a víztest szervesanyag-tartalmát, valamint felpozícionálta az elsődleges termelés mértékét.

A vizes élőhelyek – nemzetközi terminológiával a wetland-ek – nagy hatékonysággal képesek eltávolítani a mezőgazdasági eredetű szerves- és tápanyagterhelést. A halastó-wetland kombinált rendszerben egy intenzív medencés haltermelő egység és megfelelő számú, valamint méretű polikultúrás halastó összekapcsolásával feldolgozható az intenzív haltermelés elfolyó vizének szerves anyag terhelése és szervesanyag-tartalma. Az

elfolyó víz bevezetése a polikultúrák halastavakba kiválthatja a haltakarmányt, valamint a szerves- és műtrágyázást. A rendszer felhasználja a víztestnek, melyben a halakat nevelik, az algák és vízínövények által előállított – korábban nem hasznosított – elsődleges termelését (KOVÁCS – OLÁH, 1984) valamint kivonják és testükbe beépítik a bevezetett szennyvíz tápanyagtartalmának egy részét. A tápanyag-eltávolítás, azaz a tisztítás hatásfoka még tovább növelhető vízi növényzettel benőtt sekély tavak bekapcsolásával, amelyeken átvezetve a halastavakból elfolyó vizet, annak tápanyag- és lebegőanyag-tartalma tovább csökken (KEREPECZKI et al., 2003).

Integrált haltermelő rendszerek fejlesztése

A magyarországi tógazdasági haltermelés jelentős hagyományokon alapul. A pontytenyésztés és a tavi haltermelési technológiák fejlesztése területén hazánk világviszonylatban is kiemelkedő eredményeket ért el. A magyar szakemberek ma is számos halászatfejlesztési program aktív résztvevői a világ különböző országaiban. A hazai haltermelés azonban még ma is túlnyomó részben a hagyományos halas tavi technológiák alkalmazásán alapul. A hagyományos nagyméretű tavakban folytatott, viszonylag merev termelési szerkezetű nagyüzemi gazdálkodást egyre inkább felváltják - és a privatizációval gyakorlatilag nagy részben fel is váltották - a kis- és középvállalkozások által üzemeltetett kisebb és rugalmasabb termelési szerkezetű tógazdaságok (forrás: www.haki.hu).

Az új típusú tavi haltermelő rendszerek alkalmazása jelenthet megoldást fenntartható halnevelő medencék gazdálkodására. A Halászati és Öntözési Kutatóintézet 1996 óta foglalkozik olyan új víztakarékos és környezetbarát halas tavi termelési technológia fejlesztésével, amely az intenzív és extenzív tavi haltermelés kombinációján alapul. A módszer lényege, hogy az intenzív (sűrűn népesített, intenzíven takarmányozott és levegőztetett) tavak szerves tápanyagban feldúsult elfolyó vizét kiterjedt, extenzív halastó-felületen kezelik. Az extenzív halastó ökoszisztémája részt vesz az intenzív tavakból távozó tápanyagok átalakításában, visszatartásában és egy újabb haltermelési ciklusban való hasznosításában. A vízkezelésre szolgáló halastóban olyan halfajokat (elsősorban szűrő táplálkozású és mindenevő fajokat) nevelnek ritka népesítéssel, takarmányozás nélkül, illetve kiegészítő takarmányozással, amelyek fő tápláléka az intenzív tavak elfolyó vizének tápanyagtartalmát hasznosító és a tóban elszaporodó természetes táplálék szervezetek. Az így kezelt víz visszaforgatható az intenzív tavakba. Ezzel a megoldással

csökkenthető a haltermelés vízigénye és a környezetbe kibocsátott szerves és szervesetlen tápanyagterhelés. A haltermelő rendszer sikeres működésének egyik legfontosabb eleme az extenzív tó tápanyag eltávolításának hatásfoka.

A haltermelés mennyiségének és intenzitásának várható növekedése, valamint a környezetvédelmi előírások jövőbeni szigorodása hatékony, új és környezetbarát haltermelő rendszerek kifejlesztését és alkalmazását teszik szükségessé. A vízi, gyakran halnevelés útján hasznosított, ökoszisztémák egyre fontosabb szerepet töltenek be a tápanyagokkal terhelt, többnyire mezőgazdasági eredetű szennyvizek kezelésében. Számos nemzetközi és hazai példa mutatja (LAKATOS, 1998, VYMAZAL, 2001), hogy a természetes és létesített vízi ökoszisztémák alkalmasak szennyvizek és mezőgazdasági eredetű elfolyó vizek tápanyagtartalmának hatékony csökkentésére. Ázsiában több ezer éves hagyománya van az integrált rendszereknek, amelyek a primer rendszerből kibocsátott tápanyagokat hasznosítják egy kapcsolt halas tavi rendszerben, így állítva elő többlet jövedelmet (CHANG, 1987; NACA, 1989, LIU – CAI, 1998).

A természetes vizek számára a fő problémát, a szén, a foszfor és a nitrogén növekvő koncentrációja okozza, amelyek forrása a tavakba a haltermelés folyamán bekerülő szerves tápanyagok. A haltermelő technológiák fejlesztése során kézenfekvő megoldásként vetődik fel, hogy az intenzív akvakultúra által kibocsátott elfolyó víz kezelését halas tavi ökoszisztémában oldjuk meg, illetve az intenzív akvakultúrát kapcsoljuk össze halas tavi vízkezelő rendszerekkel. A vizsgált technológiai megoldás elve, hogy az intenzív tavak szerves és szervesetlen tápanyagban feldúsult elfolyó vizének kezelése egy extenzív halastóban történik. A halas tavi vízkezelés során az akvakultúrák egységben a fel nem használt tápanyagok egy részének az eltávolítása biológiai folyamatok segítségével zajlik miközben a tápanyagok egy jelentős része halhússá alakul át. Az extenzív halastó ökoszisztémája részt vesz az intenzív tavakból távozó tápanyagok átalakításában, visszatartásában és hasznosítja azokat egy újabb haltermelési ciklusban (GÁL, 2007). A kombinált haltermelő rendszerek alkalmazása lehetőséget teremt az ökológiailag fenntartható és egyúttal piacképes terméket előállítani képes haltermelési gyakorlat folytatására. A kutatási-technológiafejlesztési program célja integrált, környezetbarát haltermelési technológia fejlesztése és vizsgálata volt, amely alkalmas az intenzív haltermelésből származó tápanyagok újbóli felhasználására.

A különböző intenzitású haltermelő egységek összekapcsolásával növelhető a haltermelés transzformációs hatékonysága, illetve mérsékelhető a haltermelés káros környezeti hatása. Ilyen integrált haltermelő rendszereket először Izraelben hoztak létre (AVNIMELECH et al., 1986; DIAB et al., 1992).

A környezeti fenntarthatóság, a fogyasztói igények és az egységnyi területen előállítható jövedelem közötti ellentét egyik lehetséges megoldása a kombinált haltermelő rendszerek kifejlesztése és alkalmazása, amely lehetőséget teremt az ökológiailag fenntartható és egyúttal piacképes terméket előállítani képes haltermelési gyakorlat folytatására. A haltermelő technológiák fejlesztése során kézenfekvő megoldásként vetődik fel, hogy az intenzív akvakultúra által kibocsátott elfolyó víz kezelését halas tavi ökoszisztémában oldjuk meg, illetve az intenzív akvakultúrát integráljuk a halas tavi vízkezelő rendszerekkel.

A kombinált haltermelő rendszer működésének az alapelve, hogy az intenzív és az extenzív haltermelési technológiákat összekapcsoljuk, ezáltal több eltérő, a táplálkozási hálózat különböző szintjein található halfajt nevelünk egy integrált rendszerben, így a rendszerbe bekerült tápanyagok is több, különböző haltermelési cikluson keresztül hasznosulnak. A különböző termelési egységek összekapcsolásával csökkenthető a haltermelés vízigénye és a környezetbe kibocsátott szerves és szervetlen tápanyagterhelés, miközben egységnyi takarmány felhasználásával több hal állítható elő. A kombinált rendszerek új, intenzívebb termelést lehetővé tevő technológiák, amelyek alkalmasak a termelékenység növelése, a termelt halfajok választékának bővítése, valamint a tápanyagok újrahasznosítása a haltermelő rendszeren belül, ezáltal csökkentve a környezeti terhelését.

A kombinált rendszerek, nemcsak a már üzemelő tógazdaságok termelési kapacitásának növelésére szolgálnak, hanem alkalmazásukkal akár néhány hektáron gazdálkodó életképes családi vállalkozások is létrehozhatóak. Az alkalmazási lehetőségekre az alábbiakban mutatunk be példákat:

Tavi recirkulációs rendszer

A tavi recirkulációs rendszer egy a tógazdaságok már meglévő tavainak összekapcsolásával kialakított kombinált haltermelő rendszer, amely létrehozható a gazdaság kisméretű teleltető, vagy ivadéknevelő tavainak és a nagyméretű – akár több 10 hektár területű – tavainak felhasználásával (DIAB et al., 1992). Az alábbi esettanulmányban a rendszer a HAKI Iskolaföldi telepén működtetett rendszer hároméves,

üzemi léptékű tesztelése során szerzett tapasztalatainkat foglaljuk össze (részletesen: GÁL et al., 2003, GÁL, 2006).

A rendszer teljes tófelületére vonatkoztatott átlagos halhozam elérte a 2,4 t/ha-t, ami a hagyományos tavi hozamok háromszorosa. A rendszer működése során jelentős mennyiségű szerves és szervetlen tápanyagot volt képes visszatartani, elsősorban az extenzív halastóban zajló folyamatok révén. A tavi recirkulációs rendszer jól ötvözte az intenzív és az extenzív tavi haltermelés előnyeit. Az intenzív egység alkalmas magas népesítési sűrűségben értékes halfajok (afrikai harcsa, tilápia, tokfélék, lesőharcsa), illetve ponty intenzív nevelésére. Az extenzív egységben pontyra alapozott poli-, illetve bikultúrás népesítési technológia alkalmazásával a hazai tógazdaságokat meghaladó hozamok érhetők el. kezelésére. A kombinált rendszer a meglévő, hagyományos tógazdálkodási építmények (telelő tavak és vízellátó berendezéseik, illetve nevelő tavak) összekapcsolásával viszonylag alacsony beruházási igény mellett biztosít kiemelkedő hozamokat. Az intenzív és extenzív egységek közötti vízforgatással jelentősen csökkenthető volt a haltermelés vízigénye, valamint a környezet tápanyagterhelése, illetve a haltermelés fajlagos erőforrás felhasználása.

„Tó a tóban” rendszer

Az ún. tó a tóban rendszer a kombinált haltermelő rendszer egy speciális változata (FÜLLNER et al., 2007), amely ugyancsak a már üzemelő tógazdaságok számára ajánlható alternatíva. A rendszer lényege, hogy egy merevfallú úszó medence kerül kihelyezésre egy meglévő extenzív halastóba. A rendszer működésének elve és terhelhetősége megegyezik az előzőekben ismertetett kombinált haltermelő rendszerével. Egyetlen különbség, hogy a tó a tóban rendszer esetében nem kis földmedrű tavak, hanem az extenzív tóban elhelyezett medencék szolgálnak az intenzív halnevelésre. A rendszer a kistavakkal nem rendelkező gazdaságok számára biztosítja az intenzív haltermelés lehetőségét. A medencék vízellátása közvetlenül az extenzív halastóból történik és az intenzív halnevelés hulladékai is közvetlenül visszakerülnek az extenzív halastóba. A medence fajlagosan magasabb (20-50 kg/m³) nevelési sűrűséget tesz lehetővé, mint a földmedrű tavak alkalmazása (1-5 kg/m³), ugyanakkor a medencék kialakítása fajlagosan magasabb beruházási költséggel jár (kb. 40-80 eFt/m³).

Kis területigényű, magas intenzitású kombinált rendszer: intenzív kombinált rendszer

A kombinált rendszerek működésének kulcsa az extenzív rész vízkezelő, tápanyag-feldolgozó képessége, ami különböző technológiai elemek alkalmazásával tovább fokozható: intenzív levegőztetés, vízkeverés, élőbevonat alkalmazása, tápanyagarányok módosítása, stb. (AZIM, 2001; GÁL et al., 2007; ASADUZZAMAN et al., 2008). Az extenzív tóban zajló biológiai folyamatok (pl. aerob bomlás, elsődleges termelés) irányának befolyásolásával és sebességének fokozásával kialakítható egy kisméretű, de nagy fajlagos terhelési intenzitású tavi haltermelő rendszer. Az alábbiakban a tavi haltermelés intenzitásának növelésére, a terhelhetőség maximumának meghatározására irányuló kísérletsorozat főbb eredményei kerülnek összefoglalásra (bővebben: GÁL et al., 2009, 2011).

A hagyományos tógazdálkodás átlagos halhozamai 1 t/ha alattiak, az előzőekben bemutatott kombinált technológiával (tavi recirkulációs rendszer és tó a tóban technológia) 3-5 t/ha halhozam érhető el, ezzel szemben a kisméretű, intenzitású kombinált rendszer fajlagos hozamai elérhetik akár a 20 t/ha-t. A kombinált technológiák alkalmazásával a jelentős hozamtöbblet mellett a tógazdasági körülmények között termelt halfajok választéka is bővíthető. Az intenzív részben értékes, főként ragadozó halak (pl. szürkeharcsa, csíkos sügér, törpeharcsa, tokfélék, stb.) nevelhetőek, miközben a termék-előállítás egy részét továbbra is a halastavak tradicionális fajai adják, ezáltal diverzifikálva a haltermelést. Mindeközben a kombinált rendszerek tápanyag kibocsátása a hagyományos halas tavi gazdálkodáshoz hasonlóan alacsony, a haltermelő rendszer jobb tápanyag gazdálkodásának következtében. A kombinált rendszerek alkalmasak a tavi haltermelés intenzitásának növelésére, az intenzív haltermelés által kibocsátott elfolyó víz kezelésére, a kezelt víz visszaforgatására, miközben a kiegészítő haltermeléssel többlet jövedelmet képesek előállítani, alkalmazásukkal környezetbarát haltermelési gyakorlat folytatható, mert:

- az elfolyó vízzel kibocsátott tápanyagok mennyisége jelentősen kevesebb az intenzív rendszerekhez képest,
- a kezelt víz visszaforgatható, ami csökkenti a haltermelésre fordított vízmennyiséget,
- a vízkezelési folyamat során többlet haltömeg állítható elő, ezért a haltermelés tápanyag transzformációs hatékonysága jobb, mint az egyéb haltermelő rendszereké,

Azonban a kombinált rendszerek sem nyújtanak megoldást az olyan fenntarthatósági problémákra, mint a növekvő halliszt és halolaj felhasználás, alkalmazásuk csak a haltermelésre felhasznált erőforrások hatékonyabb felhasználását segítik. A halastóban történő vízkezelésnek azonban korlátai is vannak, amelyek a technológia hasznosíthatóságára is kihatnak: a vízkezelés szezonális jellegű, mivel a hatékonysága hőmérséklet csökkenésével romlik, illetve jelentős terület szükséges a megfelelő vízkezeléshez.



1. ábra: Kombinált rendszerű halnevelő medence

3. Anyag és módszer

3.1. A kísérleti rendszer leírása

A kombinált rendszeren végzett kísérleteket három, egyenként 310 m² (vízmélység 1 m) felületű tóban végeztük (extenzív rész), amelyekbe egy-egy ketrecet helyeztünk intenzív egységként (10 m³) **(2. ábra)**. A tavakat Körös holtágából árasztottuk fel egy héttel a népesítést megelőzően. Lapátkerekkes levegőztetők (0,5 kW) alkalmazásával tartottuk fent a megfelelő oxigén szintet a tavakban, (>6 mg/L) valamint ezek biztosították a vízáramlást a rendszer intenzív és extenzív része között. Mindhárom kísérleti egységben azonos volt a népesítés: az intenzív egységeket egyenként 400 kg afrikai harcsával (*Clarias gariepinus*) népesítettük, míg az extenzív részbe pontyot (*Cyprinus carpio*) helyeztünk ki. Kizárólag a rendszer intenzív részét takarmányoztunk, mindhárom egységben megegyező mértékben. Takarmányozásra a Szarvasi Haltáp Kft 45 %-os nyersfehérje tartalmú harcsa nevelőtápját alkalmaztuk (1. táblázat). A három kísérleti rendszer csak az extenzív tó kialakításában tért el egymástól:

- Az 1. évben különböző élőbevonat sűrűségeket vizsgáltunk a kísérleteinkben; az élőbevonat képződésére szolgáló mesterséges felület nagysága 0, 100 és 200 %-a volt a tavak felületének (0, 1 és 2 m² élőbevonat felület/m² tófelület).
- A 2. évben a tavakba az extenzív tó haltömegének 0, 0,5 és 1 %-ával megegyező gabonát juttattunk ki naponta, mint pótlólagos szénforrást (C/N arány= 6,0:1; 6,9:1 és 7,8:1).

A kombinált tavi rendszer zárt rendszerként üzemelt, a tenyésztidőszak alatt elfolyó víz kibocsátás nem történt, kizárólag az őszi lehalászás alkalmával a lecsapolás során távozott elfolyóvíz a tavakból. A tenyésztidőszak alatt a szivárgásból és párolgásból eredő vízveszteséget pótoltuk.

A kísérleti egységeknek a takarmányozásból számított átlagos tápanyag terhelése 2,9 gN/m²/nap, 0,47 gP/m²/nap és 18 gC/m²/nap volt mindkét évben. A kísérleti egységekbe összes bekerült nitrogén, foszfor és szerves szén mennyiségének a 3, 4 és 0,3 %-a érkezett az árasztott vízzel (tavasz feltöltéssel és a tenyésztidőszak alatti vízpótlással), 8, 9 és 5 %-át pedig a halnépesítéssel a rendszerbe került halbiomassza tápanyagtartalma tette ki.

1. táblázat: Az intenzív egységben alkalmazott harcsa nevelőtáp beltartalma

Szárazanyag	88,0 %
Nyersfehérje	45,0 %
Nyerszsír	6,4 %
Nyersrost	1,8 %
Lizin	3,1 %
Methionin	1,2 %
Methionin+cisztin	1,7 %
Ca	1,4 %
P	1,3 %
Na	0,3 %
A vitamin	14000 NE
D3 vitamin	1400 NE
E vitamin	70 mg/kg

3.2. Vizsgált paraméterek

A kísérleti tórendszer árasztásakor meghatároztuk a feltöltő víz, lehalászáskor pedig az elfolyóvíz, valamint év közben a párolgási veszteség pótlásaként a rendszerbe juttatott víz mennyiségét és kémiai paramétereit. A kísérleti időszak alatt tavanként rendszeresen, havonta vizsgáltuk a befolyó és az onnan távozó víz minőségét. Vertikális oszlop mintavevővel a teljes vízoszlopot mintáztuk.

A mintákat feldolgozás előtt homogenizáltuk. A tavak őszi lecsapolásakor, a reprezentatív mintavétel érdekében, minden tóból három merített részmintát vettünk. A lehalászás alatt lévő tó 80, 50 és 30 cm-es vízszintjénél vett részmintákat a feldolgozás előtt szintén homogenizáltuk. A vízminták vizsgálata ammónium-, nitrit-, nitrát-nitrogén, összes szerves nitrogén, összes nitrogén, oldott reaktív foszfát-, összes foszfor, kémiai oxigén igény, illetve összes- és szerves lebegőanyag tartalomra terjedt ki. A vízminták feldolgozása MSZ, MSZ ISO szabványok szerint, a klorofill-a meghatározás a fejezetben leírtak szerint történt.

A vízkémiai paraméterek mérése az MSZ, MSZ ISO és APHA szabványok szerint történt. A fotoszintetikus pigmentek meghatározása Whatman GF/C szűrőpapíron átszűrt vízminta 90 %-os acetonban való extrakcióját követően fotometriával történt (FELFÖLDY, 1987; APHA, 1998; NÉMETH, 1998).

Mindkét kísérleti rendszerben havonta vett vízmintákkal követtük nyomon az ammónium- (TAN), nitrit- ($\text{NO}_2\text{-N}$), nitrát- ($\text{NO}_3\text{-N}$), összes szervesetlen nitrogén (TIN) és

az összes nitrogén (TN), az ortofoszfát- (PO₄-P) és összes foszfor (TP), valamint a kémiai oxigénigény (KOI_{Cr}) változását. A vízminták vételére minden esetben délelőtt 11 és 11,30 óra között került sor. Az elsődleges termelés és a társulás légzés in situ mérése a tavak vizének oldott oxigénmérésen alapult. Mivel a kísérleti rendszer levegőztetve volt, ezért napközben 8, 12, 16 és 20 órakor, illetve naplementét követően 45 perces időszakra a tó levegőztető kikapcsolásával mértük az oxigénszintek változását. A naplementét követő időszakban mért oxigénszint csökkenés képezte a légzés, míg napközben mért oxigénszintek növekményének átlagából kaptuk meg a termelés mértékét.

Az elsődleges termelés és a társulás légzés in situ mérése hárompontos oldott oxigénmérésen alapult (McCONNEL, 1962; NÉMETH, 1998). A napi respirációt (R) és a bruttó termelést (P) a következő képletek alapján számítottam:

$$R \text{ (gC m}^{-2} \text{ nap}^{-1}) = \frac{O_2(t_{nu1}) - O_2(t_{ne})}{N} * 24 * 0,3128$$

$$P \text{ (gC/m}^2\text{/nap)} = (O_2(t_{nu2}) - O(t_{nu1})) + \frac{O_2(t_{nu1}) - O_2(t_{ne})}{N} * 24 * 0,3128$$

ahol

O₂ : az egyes időpontokhoz tartozó oxigén koncentráció értékek,

N: az első napi naplemente utáni (t_{nu1}) és a második napi napfelkelte (t_{ne}) időpontok között eltelt órák száma,

(t_{nu2}): második nap naplemente után, 24 órával az első mérést követően.

Meghatároztuk az intenzív részben nevelt halak fajlagos növekedési sebességét (SGR) és a takarmányhasznosítást (FCR) az alábbi formulák segítségével:

$$SGR = 100 \times (\ln w_t - \ln w_0) / t \quad (\%/nap)$$

ahol w₀, w_t az indulási és a záró egyedi átlagtömeg, t pedig a nevelés ideje.

$$FCR = F / (W_t - W_0) \quad (g/g)$$

ahol F a feletetett takarmány mennyisége, W₀, W_t a halak indulási és a záró összes tömege.

3.3. Elemzési módszerek

Tápanyagmérleg:

A tápanyag áramlási számításokat a következők szerint végeztem: kibocsátás = kikerülő tápanyagok – visszatartott tápanyagok.

A tápanyagmérleg kiszámítása:

Mérleg (visszatartás) = összes bekerült tápanyag – összes eltávozott tápanyag

A begyűjtött és mért adatok alapján minden tónak kiszámítottuk az éves egyszerűsített nitrogén, foszfor és szerves anyag mérlegét, amelyet a befolyó vízzel, a népesítéssel, a trágyával és a takarmánnyal bekerült összes tápanyagmennyiség, illetve a tavakból lehalászott halbiomasszával és az elfolyó vízzel kikerült összes tápanyagmennyiség közötti különbségeként kaptunk meg. Az egyszerűsített tápanyagmérleg kiszámítása során a szakirodalomban közölt módszert követtük (KNÖSCHE et al., 2000; SCHNEIDER et al., 2005). A mérleg kifejezhető kg ha^{-1} , vagy az összes input százalékában.

Be- és elfolyó víz tápanyagmérleg (víz-tápanyag mérleg vagy nettó kibocsátás):

A tavak környezetükre gyakorolt hatásának elemzése érdekében elkészítettük a tápanyag-víz mérleget, amelyet a feltöltő vízzel érkező és az elfolyó vízzel távozó tápanyag mennyiségek különbségéből kalkuláltuk.

Halhúsba beépített tápanyagok:

A haltömeg gyarapodás formájában (nettó hozam) visszatartott tápanyagok aránya az összes input tápanyag százalékában.

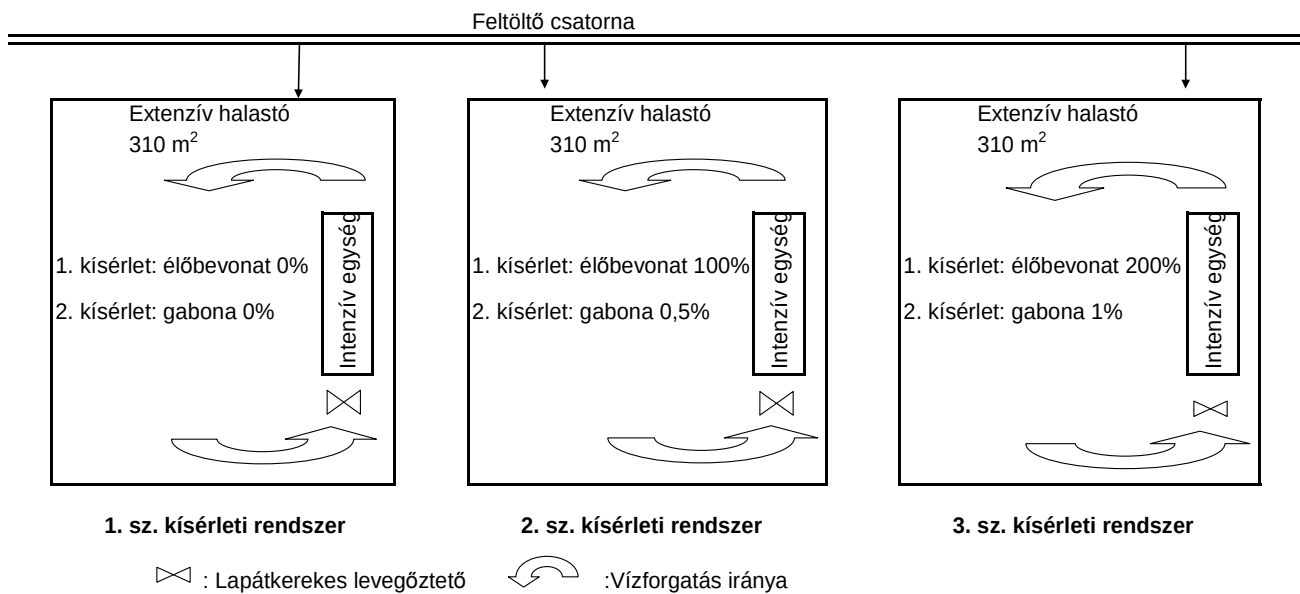
$$\text{TH (\%)} = \frac{\text{TA}_{\text{HALKI}} - \text{TA}_{\text{HALBE}}}{\text{TA}_{\text{BE}} - \text{TA}_{\text{HALBE}}} \times 100$$

ahol TH: Nettó hozamban akkumulálódott tápanyag

TA_{HALKI} : a lehalászott haltömeg tápanyagtartalma

TA_{HALBE} : a népesítéssel bekerült tápanyagok mennyisége

TA_{BE} : összes bekerült tápanyagmennyiség



2. ábra. A kombinált intenzív-extenzív rendszer kialakítás



3. ábra: Kombinált intenzív-extenzív halnevelő medencék



4. ábra: Intenzív rész ketreces megoldása



5. ábra: afrikai harcsa (*Clarias gariepinus*)

4. Eredmények

Halhozamok alakulása

Élőbevonat alkalmazásával

Az 1. kísérleti évben az élőbevonat vizsgálatakor az intenzív részben elért nettó halhozamokban nem volt lényeges különbség a különböző élőbevonat sűrűségek között ($CV\%=2\%$). Az intenzív részben a halak relatív növekedési sebessége 1,23 és 1,27 % között, míg a takarmányértékesítése 1,59 és 1,66 kg takarmány/nettó halhozam között változott. Az extenzív részben elért nettó halhozamok a közepes (100 %-os) élőbevonat arány esetében volt a legmagasabb, míg a legalacsonyabbat a magas élőbevonat aránynál kaptuk.

Az intenzív és az extenzív haltermelés kombinációja 20-25 %-kal jobb fehérjehasznosulást eredményezett, amely az élőbevonat alkalmazásával tovább javult, a fehérjehasznosulás ekkor 35-40 %-kal haladta meg a kombináció nélküli intenzív haltermelés esetében számítottat. A haltermelés tápanyag-hasznosulása – az extenzív tóban elért másodlagos halhozam révén – azokban a kísérleti beállításokban volt a legmagasabb, ahol az alkalmazott élőbevonat mennyisége 100 %-a volt a tófelületnek.

Szervesszén hozzáadással

A második évben a kiegészítő gabona, mint szerves szén adagolása esetében az extenzív részben a legmagasabb nettó halhozamot az 1%, vagyis a legmagasabb gabona kiegészítés esetében kaptuk, ezt követték a mérsékelt, majd a gabona kijuttatás nélküli beállításkor elért halhozamok. Az intenzív részben az előző évhez hasonlóan nem volt lényeges különbség a nettó halhozamok tekintetében ($CV\%=3\%$). A relatív növekedési sebesség lényegében meggyezett az előző évvel (1,23-1,26 %), a takarmányértékesítés pedig 1,37 és 1,45 takarmány/nettó halhozam között változott az intenzív egységben nevelt halak esetében.

1. táblázat. A haltermelési mutatók a két kísérleti évben

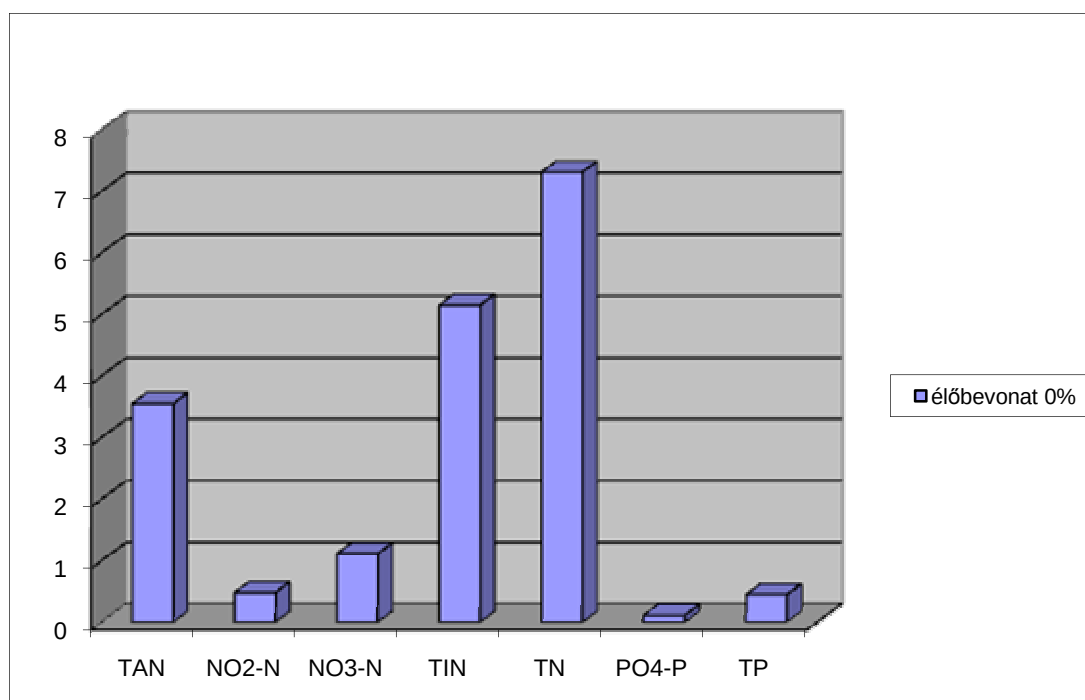
	1. kísérleti év élőbevonat vizsgálata			2. kísérleti év szervesszén adagolás hatásának vizsgálata		
	élőbevonat 0 %	élőbevonat 100 %	élőbevonat 200 %	gabona 0%	gabona 0,5%	gabona 1%
Intenzív egység						
Kihelyezett haltömeg	400	400	400	400	400	400
Kihelyezett halfaj	afrikai harcsa			afrikai harcsa		
Feletetett takarmány mennyisége (kg)	1449	1449	1449	1488	1488	1488
Lehalászott haltömeg (kg)	1212	1184	1175	1,46	1,42	1,48
Fajlagos növekedési sebességét (SGR) (%)	1,26	1,27	1,23	1,23	1,25	1,23
Takarmányhasznosítást (FCR) (kg/kg)	1,59	1,64	1,66	1,34	1,34	1,33
Nettó halhozam (kg/ha)	29,3	28,5	28,2	26,1	25,0	26,8
Extenzív halastó						
Kihelyezett haltömeg	100	100	100	42	42	44
Kihelyezett halfaj	ponty			ponty		
Lehalászott haltömeg (kg)	352	400	215	95	75	64
Nettó halhozam (t/ha)	6,52	8,07	2,10	0,62	1,07	1,72
Kombinált eredmények						
Takarmányhasznosítást (FCR) (kg/kg)	1,30	1,28	1,54	1,29	1,30	1,30
Nettó halhozam (kg/ha)	35,9	36,5	30,3	48,5	46,8	48,3

4.1. Vízminőségi paraméterek alakulása:

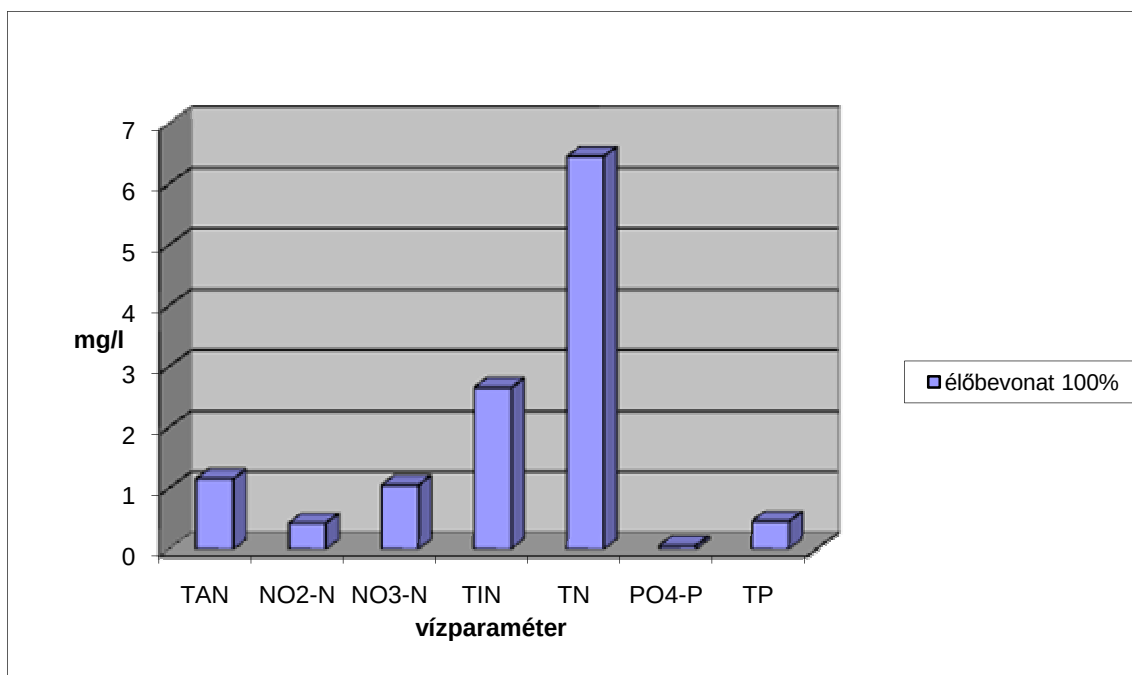
TAN	összes ammónia és nitrogén
NO ₂ -N	nitrit-nitrogén
NO ₃ -N	nitrát-nitrogén
TIN	összes ásványi nitrogén
TN	összes nitrogén
PO ₄ -P	ortofoszfát-foszfor vagy reaktív foszfor

Élőbevonat alkalmazásával

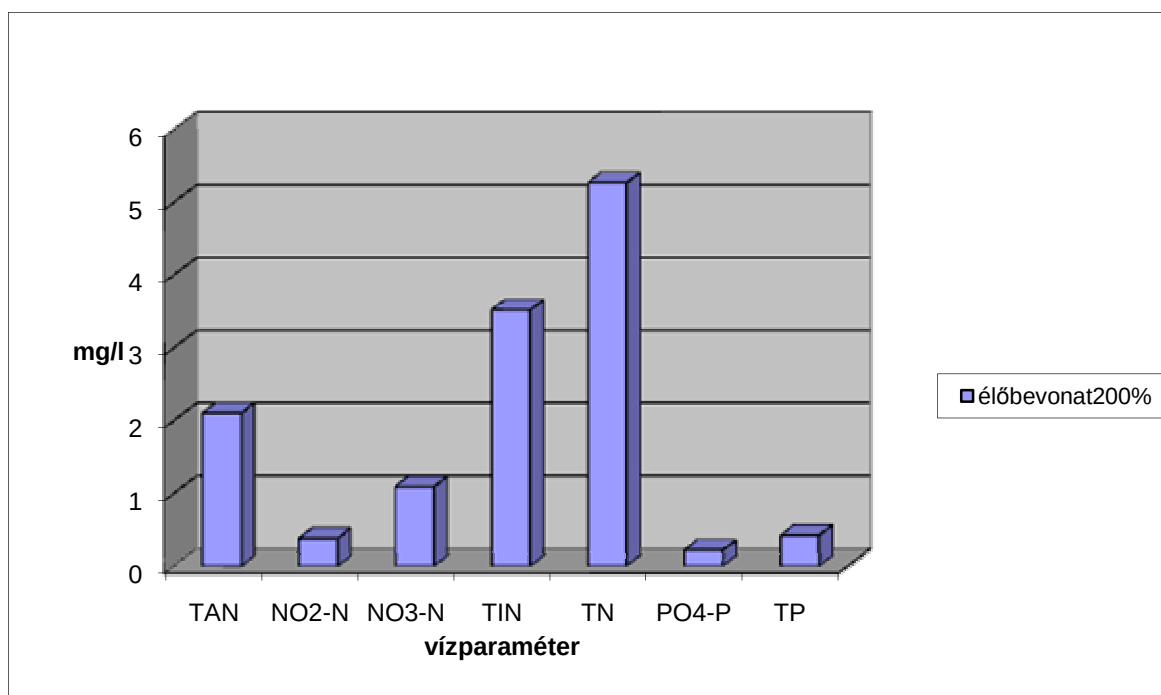
Különböző élőbevonat arányok alkalmazásának vizsgálatok a halhozamokhoz hasonlóan a legkedvezőbb vízminőséget, a legalacsonyabb szerves nitrogéntartalmat a közepes sűrűségű (100 %) élőbevonat esetében kaptuk. Az élőbevonat alkalmazása nem növelte az elsődleges termelés és társulás légzés intenzitását (**2. táblázat**).



6. ábra: Különböző vízparaméterek mért értékei 0 %-os élőbevonat alkalmazása mellett



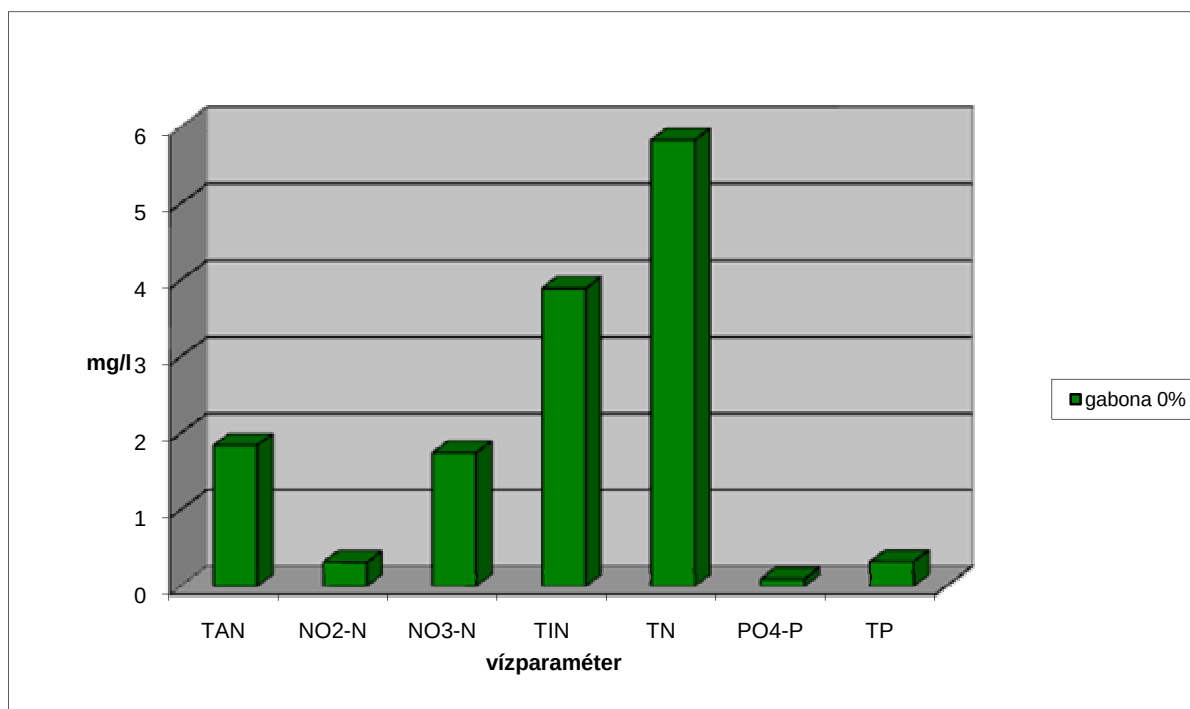
7. ábra: Különböző vízparaméterek mért értékei 100 %-os előbevonat alkalmazása mellett



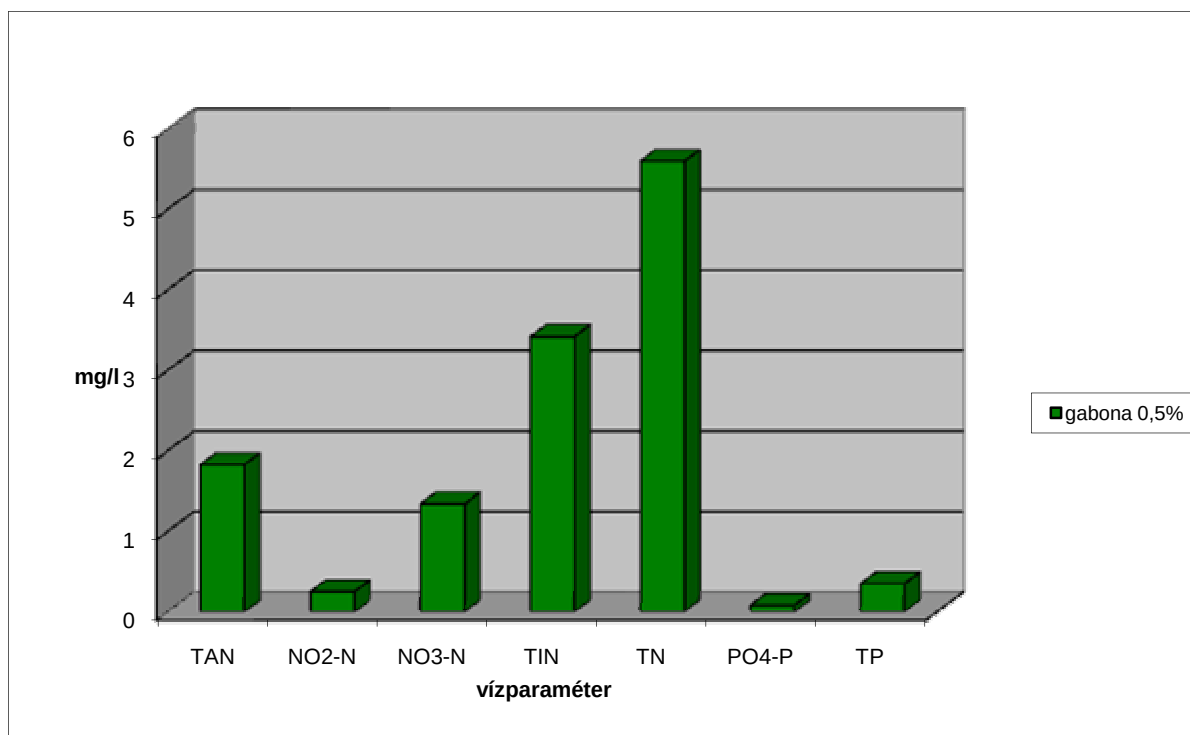
8. ábra: Különböző vízparaméterek mért értékei 200 %-os előbevonat alkalmazása mellett

Szervesszén hozzáadással

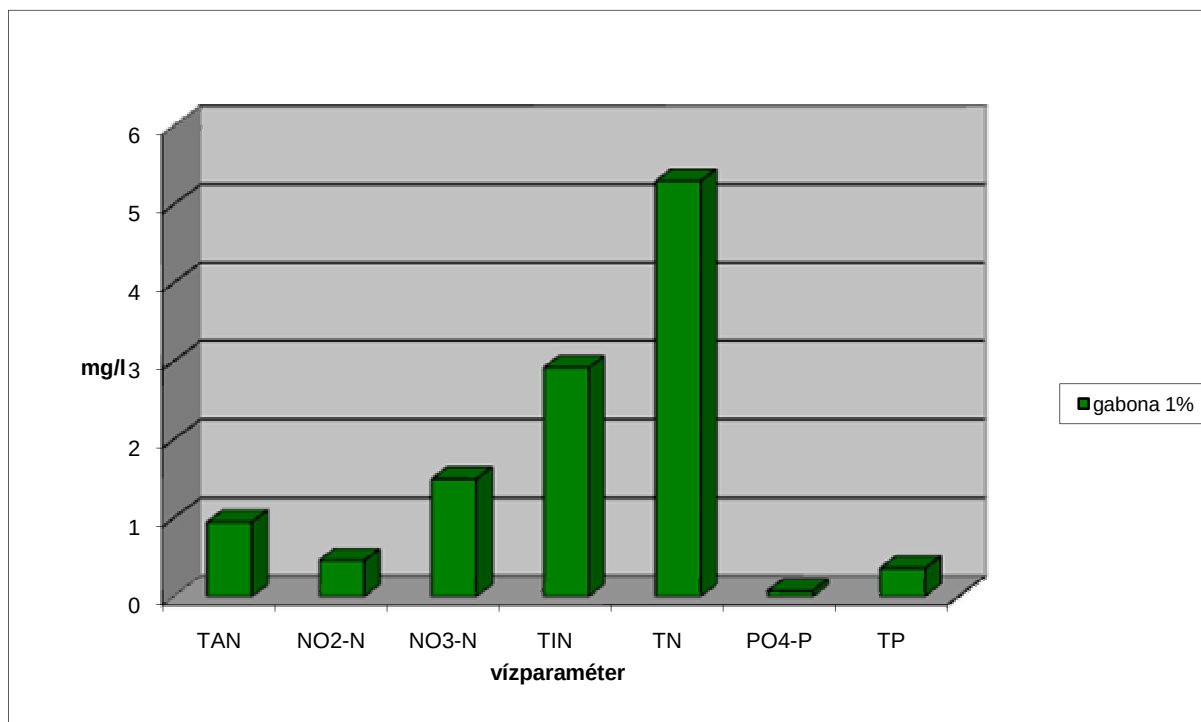
A kiegészítő szénforrás bejuttatása a haltermelő rendszerbe kissé, mintegy 30 %-kal csökkentette a víztest szervesetlen nitrogén tartalmát, illetve növelte a víztest szervesanyag-tartalmát (KOI). A kiegészítő szénforrás növelte mind az elsődleges termelés, mind a társulás légzés mértékét.



9. ábra: Szerves szén adagolás hatásának vizsgálata 0%-os pótlólagos szénforrásra



10. ábra: Szerves szén adagolás hatásának vizsgálata 0,5%-os pótlólagos szénforrásra



11. ábra: Szerves szén adagolás hatásának vizsgálata 1%-os pótlólagos szénforrásra

2. táblázat. A különböző élőbevonat arány és szerves szén adagolás hatása a vízminőségre és az elsődleges termelésre

	1. kísérleti év élőbevonat vizsgálata			2. kísérleti év szervesszén adagolás hatásának vizsgálata		
	élőbevonat 0 %	élőbevonat 100 %	élőbevonat 200 %	gabona 0%	gabona 0,5%	gabona 1%
Vízkémiai paraméterek (mg/L)						
TAN	3,55±2,13	1,16±1,61	2,10±3,05	1,84±1,31	1,83±1,89	0,95±0,68
NO ₂ -N	0,48±0,22	0,43±0,40	0,38±0,26	0,31±0,09	0,25±0,04	0,46±0,31
NO ₃ -N	1,11±0,53	1,06±0,83	1,09±0,55	1,74±0,26	1,34±0,38	1,50±0,63
TIN	5,15±2,18	2,66±2,70	3,52±2,73	3,89±1,38	3,42±2,07	2,92±1,38
TN	7,31±2,94	6,46±5,23	5,27±3,92	5,83±1,79	5,60±2,69	5,30±2,70
PO ₄ -P	0,11±0,06	0,06±0,03	0,22±0,19	0,09±0,02	0,08±0,03	0,07±0,02
TP	0,45±0,07	0,46±0,16	0,41±0,21	0,32±0,11	0,35±0,12	0,36±0,22
KOI	66±46	91±45	28±13	39±18	54±27	70±40
Elsődleges termelés/társulás légzés (gC/m²/nap)						
termelés	10,3	10,4	9,60	7,34	8,05	8,37
légzés	9,94	7,55	7,89	7,86	8,14	8,60

Tápanyagforgalmi vizsgálatok

A két kísérleti év során a rendszerekbe bekerült (halnépesítés, befolyó víz, takarmány) és a távozó tápanyagok (lehalászott hal, lecsapoló víz) mennyiségét a 3. és a 4. táblázatban összesítem. A haltakarmány volt a legjelentősebb tápanyagforrás, ami az összes bekerült nitrogén 80-90, a foszfor 78-89 és a szerves szén 88-94 %-át tette ki.

Élőbevonat alkalmazásával

A kombinált rendszer tápanyag-visszatartása szerves szén esetében 8800 és 9200 kg/ha között, nitrogén esetében 1270 és 1390 kg/ha között, míg foszfor esetében 277 és 287 kg/ha között változott. A visszatartott tápanyagok (retenció) az összes bekerült tápanyagok arányában átlagosan a nitrogén esetében 52-57 %-át, a foszfornál 54-56 %-át, a szerves szén esetében 56-68 %-át tették ki (5. táblázat).

5. táblázat. A fajlagos tápanyag terhelés és visszatartás az 1. kísérleti évben

	élőbevonat 0 %			élőbevonat 100 %			élőbevonat 200 %		
	N	P	C	N	P	C	N	P	C
Input(kg/ha)	2448	408	13654	2457	387	13660	2455	387	13648
Output (kg/ha)	1173	178	4723	1089	179	4640	1062	170	4385
Retenció (kg/ha)	1267	228	8873	1359	207	8959	1385	216	9204

Szervesszén hozzáadással

A tápanyag-visszatartása kiegészítő gabona adagolásakor, szerves szén esetében 16.100 és 23.100 kg/ha között, nitrogén esetében 2390 és 2530 kg/ha között, míg foszfor esetében 378 és 410 kg/ha között változott. A visszatartott tápanyagok (retenció) az összes bekerült tápanyagok arányában átlagosan a nitrogén esetében 66-67 %-át, a foszfornál 66-67 %-át, a szerves szén esetében 76-82 %-át tették ki (6. táblázat).

6. táblázat. A fajlagos tápanyag terhelés és visszatartás a 2. kísérleti évben

	élőbevonat 0 %			élőbevonat 100 %			élőbevonat 200 %		
	N	P	C	N	P	C	N	P	C
Input(kg/ha)	3643	589	21408	3642	588	21398	3802	613	28377
Output (kg/ha)	1237	200	5165	1216	200	5042	1258	201	5088
Retenció (kg/ha)	2391	378	16139	2410	386	16252	2528	410	23140

3. táblázat. A kísérleti rendszer tápanyagforgalma az 1. kísérleti évben (kg)

	1. kísérleti év élőbevonat vizsgálata								
	élőbevonat 0 %			élőbevonat 100 %			élőbevonat 200 %		
	N	P	C	N	P	C	N	P	C
Tápanyag Input									
Afrikai harcsa	7,22	1,31	31,4	7,22	1,31	31,4	7,22	1,31	31,4
Ponty	3,29	0,67	17,6	3,29	0,67	17,6	3,29	0,67	17,6
Víz	3,56	0,80	1,57	3,82	0,17	1,58	3,77	0,17	1,38
Takarmány	61,8	9,86	373	61,8	9,86	373	61,8	9,86	373
Input összesen	75,9	12,6	423	76,2	12,0	423	76,1	12,0	423
Tápanyag Output									
Afrikai harcsa	22,4	3,67	92,6	23,5	3,86	97,3	23,3	3,83	96,5
Ponty	6,79	1,20	31,2	8,50	1,50	39,1	7,06	1,25	32,5
Víz lecsapoláskor	1,67	0,15	5,22	1,78	0,19	7,38	2,54	0,20	6,93
Output összesen	36,4	5,52	146	33,8	5,56	144	32,9	5,27	136
Tápanyag- visszatartás	39,5	7,11	277	42,4	6,45	280	43,2	6,74	287
	52%	56%	65%	56%	54%	66%	57%	56%	68%

4. táblázat. A kísérleti rendszer tápanyagforgalma a 2. kísérleti évben (kg)

	2. kísérleti év szervesszén adagolás hatásának vizsgálata								
	gabona 0%			gabona 0,5%			gabona 1%		
	N	P	C	N	P	C	N	P	C
Tápanyag Input									
Afrikai harcsa	9,63	1,74	41,8	9,63	1,74	41,8	9,63	1,74	41,8
Ponty	0,97	0,20	5,19	0,91	0,19	4,89	0,91	0,19	4,89
Víz	0,68	0,10	3,75	0,68	0,10	3,75	0,68	0,10	3,75
Takarmány (táp)	102	16,2	613	102	16,2	613	102	16,2	613
Gabona	0	0	0	2,49	0,39	108	4,98	0,78	216
Input összesen	113	18,3	664	113	18,3	664	113	18,3	664
Tápanyag Output									
Afrikai harcsa	35,2	5,78	146	33,8	5,56	140	34,7	5,70	144
Ponty	1,58	0,28	7,28	1,87	0,33	8,61	2,38	0,42	10,9
Víz lecsapoláskor	1,60	0,13	7,20	1,99	0,29	7,50	1,90	0,10	3,20
Output összesen	38,4	6,19	160	37,7	6,19	156	39,0	6,22	158
Tápanyag-visszatartás	75	12,1	504	75,2	12,1	507	78,9	12,8	722
	66%	66%	76%	67%	66%	76%	67%	67%	82%

Halhúsba beépített tápanyagok:

A halhúsba beépített tápanyagok aránya a haltömeg gyarapodás formájában (nettó hozam) visszatartott tápanyagok arányát fejezi ki az összes input tápanyag százalékában. A haltermelés tápanyag-hasznosítása, amit a kijuttatásra került haltakarmány tápanyagtartalmának a százalékában fejeztünk ki, a 7. és 8. táblázatban került összefoglalásra.

Élőbevonat alkalmazásával

Az élőbevonat alkalmazása során az intenzív és extenzív haltermelés kombinációja 23 %-kal jobb fehérjehasznosulást eredményezett, ami az élőbevonat alkalmazásával tovább javult, a fehérjehasznosulás ekkor 32 %-kal haladta meg a kombináció nélküli intenzív haltermelés esetében számítottat. A haltermelés tápanyag-hasznosulása azokban a kísérleti beállításokban volt a legmagasabb, ahol az alkalmazott élőbevonat mennyisége 100 %-a volt a tőfelületnek. A magasabb élőbevonat arány esetében a haltermelés tápanyag-hasznosulása alacsonyabb volt (7. táblázat).

7. táblázat. Tápanyag-hasznosítás a halhozamban a bekerült takarmány %-ban az élőbevonat alkalmazásakor

	élőbevonat 0 %			élőbevonat 100 %			élőbevonat 200 %		
	N	P	C	N	P	C	N	P	C
Intenzív	24,5	24,0	16,4	26,3	25,9	17,7	26,0	25,6	17,5
Extenzív	5,7	5,4	3,7	8,4	8,5	5,8	6,1	5,9	4,0
Összesen	30,1	29,4	20,1	34,7	34,4	23,5	32,1	31,5	21,5

Szervesszén hozzáadással

A kiegészítő szervesszén adagolás hatására az extenzív tóban keletkező járulékos halhozam jelentősen elmaradt az élőbevonat alkalmazásakor tapasztaltaktól. A haltermelésben a nitrogén transzformáció hatásfoka mindössze 2 és 6 % között emelkedett (1 %-os gabona hozzáadásakor kaptuk a magasabb értéket). A foszfor és szervesanyag-hasznosulás 2-6, illetve 1-6 % között emelkedett (8. táblázat).

8. táblázat. Tápanyag-hasznosítás a halhozamban a bekerült takarmány %-ban az szervesszén adagolásakor

	gabona 0%			gabona 0,5%			gabona 1%		
	N	P	C	N	P	C	N	P	C
Intenzív	25,1	24,9	26,9	23,8	23,6	16,1	24,6	24,4	16,6
Extenzív	0,6	0,5	0,3	0,9	0,9	0,6	1,4	1,4	1,0
Összesen	26,1	25,8	17,6	24,8	24,5	16,7	26,1	25,8	17,6

5. Az eredmények értékelése

A tápanyagforgalmi vizsgálat bizonyította, hogy megfelelő méretű extenzív halastó képes az intenzív haltermelésből származó elfolyó víz hatékony kezelésére és lehetőséget biztosít az így kezelt víz visszaforgatására. Az intenzív haltermelésből származó folyékony hulladékok kezelését megoldhatja a halastavak, mint természetes vízkezelő rendszerek alkalmazása, amelyek egyúttal jelentős mennyiségű halhozam előállítására is képesek.

Az extenzív rész haltermelési potenciálja a kihelyezett mesterséges felületen képződött élőbevonat alkalmazásával fokozható, mivel az élőbevonat többlet természetes táplálékot biztosít a halak számára.

A halak nagyobb mértékű élőbevonat fogyasztása többlet halhozamot eredményezett az extenzív tavakban. Az alkalmazott technológia segítségével csökkenthető az intenzív haltermelés környezetterhelése. Az intenzív egységben keletkező anyagcsere-termékeket az extenzív részben az élőbevonat és a népesített halak révén nemcsak eltávolíthatjuk, hanem hasznosíthatjuk is. A mesterséges alzatok alkalmazása egy alacsony költségű és egyszerű technológiát jelent, melynek során a hatékonyabb tápanyag felhasználás révén nagyobb halprodukció érhető el. A vizsgálataink alapján az extenzív halastó 1 hektárja külön technológiai beavatkozás nélkül (pl. levegőztetés) alkalmas 3-5 tonna intenzíven nevelt haltömeg tartása során kibocsátott elfolyó víz kezelésére.

Az extenzív egység működésének hatékonysága az élőbevonat termelését elősegítendő, mesterséges aljzat kihelyezésével eredményesen növelhető. A kombinált haltermelés, az intenzív és extenzív egységek egyszerű kombinációjával a haltermelés fehérjehasznosítását 23 %-kal képes növelni, miközben az élőbevonat alkalmazásával a fehérjehasznosítás 32 %-kal növelhető. Az élőbevonat, mint felülethez kötődő életközösség a táplálkozási hálózat új elemeként, jelentős természetes táplálék bázist jelent a halak számára, ezáltal növelve a halhozamban akkumulálódott tápanyagok mennyiségét. A kombinált haltermelő rendszerekben a vízminőség megfelelt a haltermelési igényeknek a vizsgálataink alatt.

A kísérleti kombinált intenzív-extenzív haltermelő rendszer bebizonyította a hasonló rendszerek alkalmazhatóságát. A kombinált rendszer képes volt az intenzív rendszerből távozó hulladék tápanyagok feldolgozására és hasznosítására.

A kombinált rendszer működésének a kulcsa az intenzív egység tápanyagterhelése és az extenzív tó tápanyag-eltávolítási kapacitása közötti egyensúly. A helyesen megválasztott méretű extenzív halastó alkalmazásával fenntartható a megfelelő vízminőség és minimalizálható a haltermelés által okozott tápanyagterhelés. A vizsgálatok során

alkalmazott lapátkerekű levegőztetők alkalmasak voltak a megfelelő oxigénszint és az intenzív és extenzív rész közötti vízcsere fenntartására.

Az extenzív rész haltermelési potenciálja a kihelyezett mesterséges felületen képződött élőbevonat alkalmazásával fokozható, mivel az élőbevonat többlet természetes táplálékot biztosít a halak számára. A halak nagyobb mértékű élőbevonat fogyasztása többlet halhozamot eredményezett az extenzív tavakban. Az alkalmazott technológia segítségével csökkenthető az intenzív haltermelés környezetterhelése. Az intenzív egységben keletkező anyagcsere-termékeket az extenzív részben az élőbevonat és a népesített halak révén nemcsak eltávolíthatjuk, hanem hasznosíthatjuk is. A mesterséges alzatok alkalmazása egy alacsony költségű és egyszerű technológiát jelent, melynek során a hatékonyabb tápanyag felhasználás révén nagyobb halprodukció érhető el.

A szerves szén adagolás kismértékben csökkentette a víztest szerves nitrogén tartalmát, valamint fokozta az elsődleges termelés mértékét, ugyanakkor az élőbevonat alkalmazásával jelentősebb mértékben növekedett a járulékos halhozam az extenzív egységben, mint a C/N arány szabályozásával.

A tápanyagforgalmi vizsgálat bizonyította, hogy megfelelő méretű extenzív halastó képes az intenzív haltermelésből származó elfolyó víz hatékony kezelésére és lehetőséget biztosít az így kezelt víz visszaforgatására. Az intenzív haltermelésből származó folyékony hulladékok kezelését megoldhatja a halastavak, mint természetes vízkezelő rendszerek alkalmazása, amelyek egyúttal jelentős mennyiségű halhozam előállítására is képesek.

A hagyományos tógazdálkodás átlagos halhozamai 1 tonna/ha alattiak (PINTÉR, 2010) ezzel szemben a kombinált haltermelő rendszerben az extrapolált fajlagos hozamok elérhetik a 20 t/ha mennyiséget. Eközben a kombinált rendszer tápanyag kibocsátása a hagyományos halas tavi gazdálkodáshoz hasonlóan alacsony, a haltermelő rendszer jobb tápanyag gazdálkodásának következtében.

Az intenzív és extenzív haltermelés összekapcsolásával egyaránt kiaknázhatók a hagyományos tógazdálkodás és az intenzív halnevelés előnyei. Értékes halfajok nevelhetőek az intenzív részben, miközben az extenzív halastóval, mint vízkezelő egységgel való kombináció miatt az integrált haltermelő rendszer tápanyag-kibocsátása alacsony szintű marad, és többlet halhozam is keletkezik. Az extenzív halastóba helyezett ketrecek vagy úszó medencék egyaránt alkalmazhatóak az intenzív halnevelésre. Az intenzív részben értékes ragadozó halfajok nevelhetőek, teljes értékű tápok etetésével, szabályozott környezeti körülmények között. Az el nem fogyasztott takarmány és a halak

anyagcsere termékei az extenzív részben hasznosulnak. Az intenzív haltermelés átlagos tápanyag hasznosítása 20-25 % körül alakul, az integrált rendszerben ez a mutató 30-35 %-ra emelkedik, miközben csökken a természetes befogadó vizek tápanyagterhelése. A kombinált haltermelő rendszerek alkalmazása lehetőséget teremt a magas hozamú intenzív haltermelés és a környezetkímélő gazdálkodás együttes folytatására, kielégíti az ökológiailag és ökonómiailag egyaránt fenntartható haltermelési gyakorlattal szemben támasztott követelményeket.

A kombinált rendszer a működésük során egyaránt képesek voltak a haltermelés igényeinek megfelelő vízminőség fenntartására, lehetővé tették az intenzív haltermeléssel kibocsátott tápanyagtartalom részleges hasznosítását és a kezelt elfolyó víz visszaforgatását. Az osztott algás-halastó vízkezelő rendszer a kombinált intenzív-extenzív rendszert meghaladó vízkezelési hatékonysággal rendelkezett.

Az intenzív haltermelésből származó elfolyó vizek kezelésében fontos szerepük lehet a halastavaknak, mint természetes vízkezelő rendszereknek, amelyek egyúttal jelentős mennyiségű halhozam előállítására is képesek.

A vízkezelés hatékonysága különböző technológiai megoldások alkalmazásával fokozható. A tápanyagok feldolgozásának sebességét a mesterséges levegőztetés és a tavak vizének keverése jelentősen növeli.

A fenntartható haltermelés egyik döntő alapeleme a természeti erőforrások hosszú távú védelme. A kombinált haltermelő rendszerek alkalmazása lehetőséget teremt a magas hozamú intenzív haltermelés és a környezetkímélő gazdálkodás együttes folytatására. A kombinált rendszerek alkalmazása kielégíti a fenntartható haltermelési gyakorlattal szemben támasztott követelményeket:

- gazdaságosan, a piac által keresett haltermék állítható elő,
- mindez környezetbarát módon, főként a megújuló erőforrások felhasználásával történik,
- ugyanakkor a haltermelő rendszerben fontos szerepet töltenek be azok az alacsony táplálkozási szinteket kihasználó halfajok, amelyek az intenzív haltermelés „hulladékaiból” állítanak elő halfehérjét, ezáltal növelve a haltermelés által hasznosított tápanyagok mennyiségét és arányát.

6. Következtetések

A vizsgálatokat kisméretű tavakban végeztük (a tavak területe egyenként 310 m², a vízmélysége 1 m volt), amelyek a kísérleti rendszer extenzív részeiként szolgáltak. A rendszer intenzív részét egy-egy 10 m² nagyságú ketrecet képezte, amelyeket közvetlenül az extenzív tóba helyeztünk. Lapátkerékes levegőztetők alkalmazásával tartottuk fent a megfelelő oxigénszintet a tavakban, valamint ezek biztosították a vízáramlást a rendszer intenzív és extenzív részei között. A vizsgálatok az intenzív részben alkalmazott különböző tápanyagterhelések (az átlagos nitrogénterhelés 0,5 és 2,8 g/m²/nap között változott), valamint a különböző élőbevonat sűrűségek (az élőbevonat képződésére szolgáló mesterséges felület nagysága 0, 100 és 200 %-a volt az extenzív tavak felületének) halhozamokra és a rendszer működésére kifejtett hatására irányultak. Az extenzív rész haltermelési potenciálja a kihelyezett mesterséges felületen képződött élőbevonat alkalmazásával fokozható, mivel az élőbevonat többlet természetes táplálékot biztosít a halak számára.

Az intenzív és az extenzív haltermelés kombinációja 20-25 %-kal jobb fehérjehasznosulást eredményezett, amely az élőbevonat alkalmazásával tovább javult, a fehérjehasznosulás ekkor 35-40 %-kal haladta meg a kombináció nélküli intenzív haltermelés esetében számítottat. A haltermelés tápanyag-hasznosulása – az extenzív tóban elért másodlagos halhozam révén – azokban a kísérleti beállításokban volt a legmagasabb, ahol az alkalmazott élőbevonat mennyisége 100 %-a volt a tófelületnek. Az intenzív kombinált rendszer fajlagos beruházásigénye lényegesen alacsonyabb a hagyományos halastavakénál és a zárt re cirkulációs rendszerekénél; évi 1 tonna kibocsátású rendszer létesítése megközelítően 3-6 mFt helyett mindössze 0,4-0,8 mFt befektetett tőkét igényel.

Vizsgálataink eredménye alapján a következő fontosabb következtetéseket tudjuk levonni és javaslatokat tudjuk tenni:

- Az élőbevonat alkalmazása során a közepes (100%-os) sűrűség esetén kaptuk a legjobb eredményeket, mind a vízminőség, mind a halhozamok tekintetében.
- A szerves szén adagolás kismértékben csökkentette a víztest szervesetlen nitrogén tartalmát, valamint fokozta az elsődleges termelés mértékét.

– A C/N arány 30 %-os emelése csak kis mértékben befolyásolta vízminőséget, valószínűleg a vízminőség további javításához, a szervesetlen nitrogénformák további csökkentéséhez a C/N arány további növelése szükséges.

– Az élőbevonat alkalmazásával jelentősebb mértékben emelhetők a járulékos halhozamok az extenzív egységben, mint a C/N arány szabályozásával.

Eredményeimet a következőkben összegezném:

1. A fenntartható kombinált haltermelő rendszerek működésének alapja az extenzív és az intenzív haltermelő rendszerek működésén alapszik, mellyel pozitív eredményeket produkáltunk a vízminőségre és a járulékos halhozamra.
2. A haltermelő medencék tápanyag feldolgozó képessége több cikluson keresztül valósul meg, melynek kulcsát az extenzív tóegység alkotja.
3. Az élőbevonat alkalmazása során közepes sűrűség esetén (100%) kaptuk a legjobb eredményeket, a vízminőség és a halhozamok tekintetében, jobb eredményeket produkált az extenzív tó járulékos halhozamára, mint a szén – nitrogén arány szabályozással.
4. A szerves szén adagolás kismértékben csökkentette a víztest szervesetlen nitrogén tartalmát, fokozta az elsődleges termelés mértékét.
5. A vízminőség további javításához a szén – nitrogén arány további növelése szükséges.

7. Összefoglalás

Magyarországon a haltermelés bázisát a tavi haltermelés adja így rendkívül fontos a tavi haltermelő rendszerek fejlesztésének új iránya a különböző termelési technológiák összekapcsolásával létrehozott ún. kombinált haltermelő rendszerek kialakítása. Az intenzív- és extenzív haltermelő rendszerek fejlesztéséből eredő fejlesztési munkák fő céljai azok, hogy megfelelően kialakítva legyen az afrikai harcsáknak (*Clarias gariepinus*), egy technológia, amely növeli az adagolt takarmány hasznosításának hatékonyságát, továbbá a termelékenységet. A kombinált rendszerek működésének kulcsa az extenzív rész vízkezelő, tápanyag-feldolgozó képessége, ami különböző technológiai elemek alkalmazásával tovább fokozható. A kísérleteink során eddig tisztáztuk az élőbevonat alkalmazásának hatását az extenzív tó tápanyagfeldolgozó-képességének növelésére. A legújabb vizsgálatokban a kiegészítő szerves szén adagolás hatását vizsgáltuk a kombinált rendszer működésre, annak vízminőségére és a tápanyagok halhozamok formájában történő hasznosítására.

A vizsgálatainkat egy intenzív és extenzív haltermelő egység összekapcsolásával létrehozott kombinált rendszeren végeztük. A kombinált rendszeren végzett kísérleteket három, egyenként 310 m² területű tóban végeztük (extenzív rész), amelyekbe egy-egy ketrecet helyeztünk intenzív egységként (10 m³). A rendszer átlagos tápanyagterhelése a vizsgálatok során 2,9 gN/m²/nap. A vizsgálatok során a kiegészítő szerves szén adagolás hatását vizsgáltuk és hasonlítottuk össze az élőbevonat alkalmazásának eredményeivel. Az 1. évben különböző élőbevonat sűrűségeket vizsgáltunk a kísérleteinkben; az élőbevonat képződésére szolgáló mesterséges terület nagysága 0, 100 és 200 %-a volt a tavak területének (0, 1 és 2 m² élőbevonat terület/m² tófelület). A 2. évben a tavakba az extenzív tó haltömegének 0, 0,5 és 1 %-ával megegyező gabonát juttattunk ki naponta, mint pótlólagos szénforrást (C/N arány= 6,0:1; 6,9:1 és 7,8:1). Az élőbevonat alkalmazása során az 1 m²/m² sűrűség esetén kaptuk a legjobb eredményeket, mind a vízminőség, mind a halhozamok tekintetében. A szerves szén adagolás kismértékben csökkentette a víztest szervetlen nitrogén tartalmát, valamint fokozta az elsődleges termelés mértékét, ugyanakkor az élőbevonat alkalmazásával jelentősebb mértékben növekedett a járulékos halhozam az extenzív egységben, mint a C/N arány szabályozásával.

Vizsgálataink bebizonyították, hogy az intenzív és extenzív haltermelés összekapcsolásával egyaránt kiaknázhatók a hagyományos tógazdálkodás és az intenzív halnevelés előnyei. Értékes halfajok nevelhetők az intenzív részben, miközben az

extenzív halastóval, mint vízkezelő egységgel való kombináció miatt az integrált haltermelő rendszer tápanyag-kibocsátása alacsony szintű marad, és többlet halhozam is keletkezik. Az extenzív halastóba helyezett ketrecek vagy úszó medencék egyaránt alkalmazhatóak az intenzív halnevelésre. Az intenzív részben értékes ragadozó halfajok nevelhetők, teljes értékű tápok etetésével, szabályozott környezeti körülmények között. Az el nem fogyasztott takarmány és a halak anyagcsere termékei az extenzív részben hasznosulnak. Az intenzív haltermelés átlagos tápanyag hasznosítása 20-25 % körül alakul, az integrált rendszerben ez a mutató 30-35 %-ra emelkedik, miközben csökken a természetes befogadó vizek tápanyagterhelése. A kombinált haltermelő rendszerek alkalmazása lehetőséget teremt a magas hozamú intenzív haltermelés és a környezetkímélő gazdálkodás együttes folytatására.

Irodalom

- APHA (1998): Standard methods for the examination of water and waste water.
American Public Health Association, Washington D.C.
- AVNIMELECH, Y. (1999): Carbon/nitrogen ratio as a control element in aquaculture systems. *Aquaculture* 176: 227-235.
- AVNIMELECH, Y., WEBER, B., HEPHER, B., MILSTEIN, A., ZORN, M. (1986): Studies in circulated fish ponds: organic matter recycling and nitrogen transformation. *Aquaculture and Fisheries Management*. 17. 231-242. p.
- AZIM, M. E. (2001): The potential of periphyton-based aquaculture production systems. Ph.D. Thesis, Wageningen University, The Netherlands. 1-218. p.
- CHANG, W. Y. B. (1987): Fish culture in China. *Fisheries*. 12. 3. 12-15. p
- DIAB, S., KOCHBA, M., MIREN, D., AVNIMELECH, Y. (1992): Combined intensive-extensive (CIE) pond system A: inorganic nitrogen transformations. *Aquaculture* 101: 33-39.
- FELFÖLDY, L. (1981): A vizek környezettana, Általános hidrobiológia. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 290. p.
- FELFÖLDY, L. (1987): Biológiai vízminősítés. Vízügyi hidrobiológia 16. Vízgazdálkodási Intézet, Budapest, 258. p.
- GÁL, D., PEKÁR, F., KOSÁROS, T., KEREPECZKI, É. (2011): Potential of nutrient reutilisation in combined intensive-extensive pond systems. *Aquaculture International* (in press)
- GÁL, D., KEREPECZKI, É., SZABÓ, P., PEKÁR, F. (2003): Halastavak környezeti terhelésének vizsgálata: nitrogénmérleg és nitrogén kibocsátás. *Hidrológiai Közlöny*. 83. 1-12. 52-54. p.
- HANZ, Cs. (2000): Halkarmányozás. In: Halbiológiai és haltenyésztés. Szerk: HORVÁTH, L., Mezőgazdasági Kiadó Budapest, 276-294. p.
- KEREPECZKI, É., GÁL, D., SZABÓ, P., PEKÁR, F. (2003): Preliminary investigations on the nutrient removal efficiency of a wetland-type ecosystem. *Hydrobiologia* 506. 665-670. p.
- KESTEMONT, P. (1995): Different system of carp production and their impacts on the environment. *Aquaculture*. 129. 347-372. p.

- KISS, K. M., DEÁK, Cs., BORICS, G., LAKATOS, Gy. (2004): A vízi növényzet és élőbevonat a halastó-wetland rendszerben. In: Intenzívhaltermelő telepek elfolyóvizének kezelése halastavak és létesített vizes élőhelyek alkalmazásával. Szerk: KEREPECZKI, É., Konferencia kiadvány, HAKI, Szarvas. 33-41. p.
- KNÖSCHE, R., SCHRECKENBACH, K., PFEIFER, M., WEISSENBAACH, H. (2000): Balances of phosphorus and nitrogen in carp ponds. Fisheries Management and Ecology. 7. 15-22. p.
- KOVÁCS, Gy., OLÁH, J. (1984): Silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix* Val.) dominated domestic sewage oxidation pond technology. Aquacultura Hungarica. 4. 149-155. p.
- LAKATOS, Gy. (1998): Constructed wetlands for wastewater treatment in Hungary. In: Constructed wetlands for wastewater treatment in Europe. Ed. VYMAZAL, J., BRIX, H., COOPER, P., F., GREEN, M., B., HABERL, R., Backhuys Publishers, Leiden, The Netherlands. 191-206. p.
- LAKATOS, Gy., KISS, M., MÉSZÁROS, I. (1999): Heavy metal content of common reed (*Phragmites australis* /Cav./ Trin. ex Steudel) and its periphyton in Hungarian shallow standing waters. Hydrobiologia. 415. 47-53. p.
- McCONNEL, W., J. (1962): Productivity relations in carbon microcosm. Limnology and Oceanography. 7. 335-343. p.
- MILSTEIN, A., LEV, O. (2004): Periphyton based aquaculture test in the first organic-certified tilapia farm in the world. Aquaculture Europe 2004. „Biotechnologies for quality”, Abstract Book, 2004. Oct. 20-23. Barcelona, Spain, 577-578. p.
- NAYLOR, R., L., GOLDBURG, R., J., PRIMAVERA, J., H., KAUTSKY, N., BEVERIDGE, M., C., M., CLAY, J., FOLKE, C., LUBCHENCO, J., MOONEY, H., TROELL, M. (2000): Effect of aquaculture on world fish supplies. Nature. 405. 1. 1017-1024. p.
- NÉMETH, J. (1998): A biológiai vízminősítés módszerei. KGI, Vízi természet- és Környezetvédelem 7, 304. p.
- ODUM, H., T. (1956): Primary production on flowing waters. Limnology and Oceanography. 1. 102-117. p.
- OLÁH, J. (1986b): Carp production in manured pond. In: Aquaculture of Cyprinids. Eds. BILLIARD, R., MARCELL, J., INRA, Paris, 209-303.p.
- PINTÉR, K. (2010): Magyarország halászata 2009-ben. Halászat 103(2): 43-48 Gál D. (2006) Környezetbarát, kombinált tavi haltermelő rendszerek fejlesztése. Doktori értekezés. Debreceni Egyetem 149 pp.
- SCHNEIDER, O., SERETI, V., EDING, E. H., VERETH, J., A., J. (2005): Analysis of

- nutrient flows in integrated intensive aquaculture systems. *Aquacultural Engineering*. 32. 379-401. p.
- TASNÁDI, R. (1983): *Haltakarmányozás*. Mezőgazdasági kiadó, Budapest, 307. p.
- WETZEL, R., G. (1975): *Limnology*. W.B. Saunders, Philadelphia, 743. p.
- WOYNÁROVICH, E. (2005): Halastavak szerves trágyázása, a szén-trágyázási módszer. *Halászat*. 98. 2. 3 sz. melléklet. 12. p.

Köszönetnyilvánítás

Ezúton szeretnék köszönetet mondani konzulenseimnek Dr. Jakab Gusztáv főiskolai docensnek (SZIE GK Környezettudományi Intézet) és Dr. Gál Dénes tudományos főmunkatársnak (Halászati és Öntözési Kutató Intézet), akik minden segítséget megadtak a dolgozat elkészítéséhez.

A kutatás a TÁMOP-4.2.2.B-10/1-2010-0011 azonosítószámú, „A tehetséggondozás és kutatóképzés komplex rendszerének fejlesztése a Szent István Egyetemen” című pályázat támogatásával valósult meg.



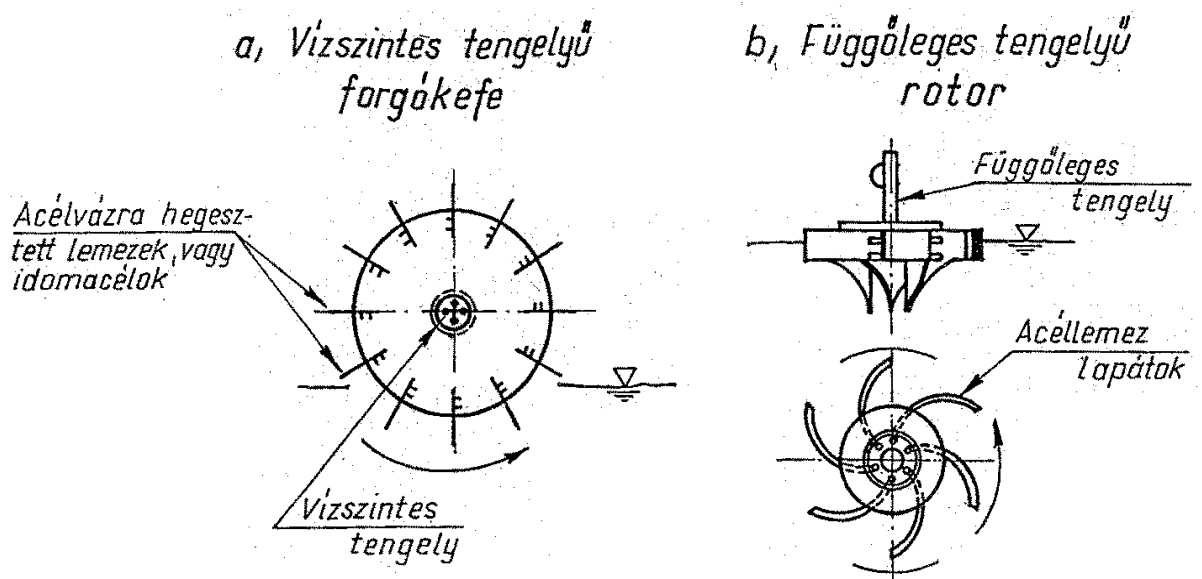
A tehetséggondozás és kutatóképzés komplex rendszerének fejlesztése a Szent István Egyetemen
Szent István Egyetem Gödöllő
www.ujszechenyiterv.gov.hu



Függelék



12. ábra: Kombinált haltermelő rendszer intenzív egysége



13. ábra: Felszíni levegőztető berendezések működési vázlatai



14. ábra: Forgólapátos levegőztető



15. ábra: Az intenzív tőegységben lévő afrikai harcsa (*Clarias gariepinus*)



16. ábra: Az extenzív tőegységben lévő ponty (*Cyprinus carpio*)