FENNTARTHATÓ TÓGAZDASÁGI TECHNOLÓGIÁK FEJLESZTÉSE

GÁL DÉNES

ÖSSZEFOGLALÁS

A fenntartható haltermelés előfeltétele a termeléshez igénybevett erőforrások takarékos használata, a jövedelmező termelés és az akvakultúrának a vidéki lakosság foglalkoztatottsághoz való hozzájárulása. A hazai akvakultúra bázisát adó tógazdasági haltermelés is egy ilyen erőforrás-takarékos, környezetileg fenntartható termelési forma, azonban a halastavi termelés jelentős bővülése nem várható, annak fajlagosan nagy beruházásigénye miatt. Ugyanakkor a fogyasztói igények változásával egyre inkább a magasabb minőségű, értékesebb, elsősorban ragadozó fajok termelése növekszik, amelyek főként intenzív iparszerű rendszerekben, haltápok felhasználásával kerülnek előállításra. A környezeti fenntarthatóság, a fogyasztói igények és az egységnyi területen előállatható jövedelem közötti ellentét egyik lehetséges megoldása a kombinált tavi haltermelő rendszerek kifejlesztése és alkalmazása, amely lehetőséget teremt az ökológiailag fenntartható és egyúttal piacképes terméket előállítani képes haltermelési gyakorlat folytatására.

SUMMARY

Gál, D.: DEVELOPMENT OF SUSTAINABLE POND FARMING TECHNOLOGIES

The precondition of sustainable aquaculture is the efficient use of natural resources, profitable fish production and contributions of aquaculture to employment of the rural population. The traditional pond fish production which is the basis of the Hungarian fish production is resources-saving, ecologically sustainable production method, however the growth of this sector is not expected because the relative high investment costs. Due to the changing consumers preference the demand for high value mainly predatory fish species which are produced from intensive systems using external fish feeds is increasing. A possible solution of the conflict between the ecological sustainability, the consumer preference and profitability per unit area is the development and application of combined pond fish production systems which gives opportunity to continue ecologically sustainable and marketable fish production.

BEVEZETÉS

Az akvakultúra az egyik legdinamikusabban növekvő állati terméket előállító szektor a világon, az elmúlt évtizedben 80%-os – évente átlagosan 6,1%-os – termelésbővüléssel (forrás: FAO FishStat, 2011). Az elmúlt időszakban ezt a növekedést az intenzív technológiák térnyerésre jellemezte, nemcsak a fejlettebb országokban, hanem az ázsiai térségben is. Miközben a tengeri és édesvízi halászat összfogása stagnált (sőt némileg csökkent) az elmúlt 15 évben, az akvakultúra az egyik leggyorsabban növekvő agrárágazattá vált a világ egészét tekintve. Ahogy a hal iránti kereslet növekszik, az akvakultúra termékei úgy képviselnek egyre jelentősebb hányadot a világ összes halfogyasztásából, ennek következtében az utóbbi 10 évben a halászati fogások aránya 75%-ról 60%-ra csökkent a világ halfogyasztásán belül (forrás: FAO FishStat, 2011). Ugyanakkor a tengerek halászatára gyakorolt nyomás csökkenésével párhuzamosan az akvakultúrás termelés bővülése következtében az ágazat erőforrásigénye is megnőtt. Az akvakultúra növekedésének fenntarthatósága tekintetében komoly akadályt jelent az erőforrások szűkössége, amely az ökológiai aggályok mellett a fenntarthatóság gazdasági és társadalmi aspektusait is befolyásolja.

FENNTARTHATÓSÁGI PROBLÉMÁK

A „fenntarthatóság" vagy „fenntartható fejlődés" fogalma, bár sokszor elcsépeltnek tűnik, mély jelentést hordoz. Azon az elgondoláson alapszik, hogy a fejlődésnek élhető környezetet kell biztosítania a jövő nemzedékek számára, mely magában foglalja a természeti környezet állapotának megóvását, a gazdasági jólét növelését illetve a társadalmi egyenlőség elősegítését. Ennek megfelelően az akvakultúra esetében sem csupán környezetvédelmi szempontok érvényesítését jelenti a fenntartható gazdálkodás, hanem hosszú távú gazdasági előnyök biztosítását is a haltermelők számára. A fenntarthatóság három szintje (környezeti, gazdasági és társadalmi) egyaránt meghatározza a gazdálkodás hosszú távú fenntarthatóságát. A fenntartható gazdálkodás legfőbb ismérvei a jövedelmező termelés, a nem-megújuló erőforrások hatékony és takarékos használata, a megújuló erőforrások felhasználásának növelése, a lakosság egészséges élelmiszerrel való ellátása, valamint a vidéki életminőség javításához való hozzájárulás *(1. táblázat)*.

Az akvakultúra termelésének az elmúlt évtizedekben bekövetkező robbanásszerű fejlődése elsősorban az intenzív tápetetés és az iparszerű rendszerek elterjedésének köszönhető. Mindennek pozitív hozadéka nem elhanyagolható; az akvakultúra a csökkenő természetesvízi halfogások mellett is képes a fejlődő világ, valamint a fejlett világ kevésbé nélkülöző lakosságát egészséges, sok esetben egészségvédő élelmiszerrel ellátni. Azonban az akvakultúra szükségszerűen terheli is a környezetét, főként tápanyag, de gyakran gyógyszer- és vegyszermaradvány-kibocsátása, valamint az intenzív rendszerek növekvő fosszilis energiafelhasználása által. Az akvakultúra intenzitásának növekedése következtében számos fenntarthatósági problémával kell szembenézni globális szinten, amelyek elsősorban:

- a ragadozó halak nevelésének előretörése következtében nő az ágazat fehérje-felhasználása,
- növekvő halliszt és halolaj felhasználás,
- emelkedő takarmány-alapanyag árak,
- külső, gyakran távoli importból származó erőforrások felhasználásának növekedése, a helyi erőforrásokra alapozott haltermelés helyett,
- emelkedő környezeti terhelés, elsősorban az intenzív rendszerek hulladék kibocsátása miatt,
- növekvő energiafelhasználása.

1. táblázat

Az akvakultúra fenntarthatóságát befolyásoló főbb tényezők

Környezeti fenntarthatóság (1)	Gazdasági fenntarthatóság (2)	Társadalmi fenntarthatóság (3)
Víz, a fosszilis energia és termőterület felhasználás; kibocsátott elfolyóvíz minősége és mennyisége; halliszt és halolaj felhasználás; vegyszer és gyógyszer felhasználás (4)	Jövedelemtermelő-képesség, piaci kereslet-kínálat erőforrás felhasználáshoz kapcsolódó költségek (takarmányértékesítés, vízfelhasználás, vízterhelési díj stb.), beruházási költségek (5)	Hozzájárulás a foglalkoztatottsághoz, a helyi gazdasághoz (pl. helyi alapanyagok használata, tulajdonviszony stb.); és a lakosság egészséges élelmiszerrel való ellátásához; halastavak által nyújtott ökoszisztéma szolgáltatások (6)

Table 1. The main factors affecting the sustainability of aquaculture
ecological sustainability (1); economical sustainability (2); social sustainability (3); water, fossil energy and land consumption, discharged effluents; fish meal and fish oil consumption; chemical and drug consumption (4); profitability, market demand and supplycost of resources (feed conversion, water consumption, water loading fee, cost investment,etc.) (5); contribution for the employment and local economy (e.g. using local resources and raw materials, ownership, etc.) and food safety, ecosystem services of fishponds (6)

Az akvakultúrás szektor átalakulására jellemző – elsősorban a fogyasztási szokások megváltozása miatt –, hogy a ragadozó halak iránti kereslet erősödött. Ennek következtében a hagyományos, jellemzően alacsony táplálkozási szinten lévő növény- és mindenevő halfajok iránti kereslet csökkent. Számításaim szerint (a haltermelés átlagos trofitási szintjét úgy kaptam meg, hogy összegeztem a különböző fajtacsoportok, az össztermelésen belüli elfoglalt részarányával súlyozott trofitási range-inek számtani átlagait) utóbbi 10 évben a világon megtermelt halak átlagos, a táplálkozási hálózatban elfoglalt trofitási szintje 2,5-ről 2,7-re emelkedett (a magyar haltermelés trofitási szintje ebben az időszakban ugyanígy 2,5-ről 2,7-re nőtt).

Az ún. FIFO (Fish In to Fish Out ratio) arány fejezi ki az 1 kg akvakultúrás termék előállításához szükséges halliszt és halolaj termeléséhez felhasznált vadhal mennyiségét (nem étkezési célú halászati fogásból származó hal). Globális szinten az a mutató 0,7 kg (*Tacon és Metian,* 2009), azonban a magyar akvakultúra esetében ez az érték – a tógazdasági haltermelés dominanciája miatt – még alacsony, mindössze 0,25, de fokozatosan emelkedik (1999-ben még 0,1 alatt volt). Ennek következtében a ragadozó halak neveléséhez szükséges, magas fehérjetartalmú, halliszt- és halolaj-tartalmú tápok felhasználása is emelkedett. A halta-

karmányokban hallisztre és halolajra elsősorban a ragadozó halak amino- és zsírsav igénye miatt van szükség, amely más forrásból nem, vagy csak nehezen pótolható. Bár az utóbbi években az intenzív takarmányozási és tápfejlesztési munkáknak köszönhetően az egységnyi haltermék előállításához felhasznált halliszt és halolaj mennyisége csökkent, azonban az intenzív technológiák térnyerésével a haltakarmányok iránti igény ennél jóval nagyobb mértékben emelkedett, amely magával hozta ezen takarmány-alapanyagok árának növekedését is. (A halliszt ára az utóbbi hat év alatt megháromszorozódott 600 $/tonnáról 1800 $/tonnára emelkedett.) Mivel a halliszt és halolaj elsődleges forrása a tengeri halászat, úgy belátható, hogy a halliszt- és halolaj felhasználásra alapozott intenzív ragadozóhal nevelés jelenlegi formájának hosszú távú fenntarthatósága kétséges.

A hallisztet tartalmazó táppal való etetés elterjedése, a monokultúrás állományok termelésének előtérbe kerülése, a tavi levegőztetés alkalmazása mind egy olyan agrotechnikai fejlődés elemei, amelyek a tradicionális tavi technológiák háttérbe szorulásához vezettek. A hagyományos, helyi erőforrásokra alapozott, alacsony környezeti terhelésű és energiaigényű, melléktermékek hasznosításán alapuló polikultúrás haltermelő rendszerek jelentősége ennélfogva csökkent, az akvakultúra erőforrás felhasználása pedig lényegesen megnőtt (víz, élőhely, energia, tápanyag kibocsátás, halliszt és halolaj felhasználás) *(2. táblázat).*

Az akvakultúrának – elsősorban az intenzív haltermelésnek – a természeti környezetet leginkább veszélyeztető hatása a szerves, illetve szervetlen anyagokkal terhelt elfolyóvíz kibocsátása által jelentkezik. A természetes vizek fő problémáját, az eutrofizációt, a haltermelő rendszerekből kikerülő nitrogén- és foszforvegyületek okozzák. A takarmányként bejuttatott tápanyagoknak – részben biológiai, részben technológiai okok miatt – csak viszonylag kis hányada, mintegy 20–30%-a hasznosul a haltermelés során (*Hargreaves*, 1998), miközben a fennmaradó rész rendszerint az elfolyóvízben jelenik meg. Az alkalmazott haltermelő rendszerek típusai a környezeti fenntarthatóság tekintetében is különböznek.

Az édesvízi haltermelő rendszereknek három csoportja különböztethető meg az alapján, hogy hogyan biztosítják a haltermelés számára szükséges vízminőséget: (1) vízvisszaforgatáson alapuló ún. zárt recirkulációs rendszerek, (2) átfolyóvizes (ide értve a ketreces haltermelést is) intenzív iparszerű, illetve (3) halastavi rendszerek. Az elsősorban Nyugat-Európában elterjedt – de hazánkban is megtalálható – **rárt recirkulációs rendszerek**nél (RAS) a nem hasznosított tápanyagok egy részét a haltermelő egységhez kapcsolt biológiai vízkezelő egységben, szabályozott körülmények között, bakteriális lebontás által szabadítják fel szerves kötéseikből és bocsátják ki a légkörbe, mint pl. szén-dioxidot és nitrogéngázt. A recirkulációs rendszerek működtetése során arra törekszenek, hogy a nem hasznosuló tápanyagokat minél előbb eliminálják, ezzel javítva a haltermelő közeg vízminőségét. Mindez speciális berendezések, mechanikai és biológiai szűrők energia- és költségigényes alkalmazását teszi szükségessé. A vízkezelési folyamat során, a takarmánnyal a haltermelő rendszerbe került értékes tápanyagoknak mintegy 2/3-át elveszítjük. Ugyanakkor a zárt recirkulációs rendszerek előnye, hogy a környezeti feltétek pontosan szabályozhatóak, ezért alkalmazásukkal programozott és magas minőségű termelés valósítható meg. Az intenzív haltermelésben Magyarországon is elterjedt ún. **átfolyóvizes technológiák** alkalmazásakor vízkezelés nem történik, a működésükhöz szükséges vízminőséget a rajtuk folya-

2. táblázat

Hagyományos tógazdálkodás és az intenzív akvakultúra összehasonlítása

	Hagyományos tógazdálkodás (1)	Intenzív akvakultúra (2)
Termelés helye (3)	Földmedrű tó (10)	Medencék (zárt recirkulációs és átfolyóvizes) és ketrecek (11)
Termelési intenzitás (4)	Mérsékelt égövön 0,5–1,5 t/ha (12)	20–300 kg/m^3
Népesítési szerkezet (5)	Jellemzően pontyféléken alapuló polikultúra (13)	Monokultúra (14)
Takarmány (6)	Kiegészítő, általában gabonatakarmányozás, de rendszerint a helyi erőforrásokra alapoznak, jelentős a természetes hozam aránya (20–50%) (15)	Teljes értékű tápok felhasználása (16)
Trágyázás (7)	Rendszerint szerves trágyázás (17)	–
Energiafelhasználás (8)	Alacsony fosszilis energia felhasználás (18)	Magas fosszilis energia felhasználás (19)
Trofitási szint (9)	Alacsonyabb, átlagosan 2,6 (2–3,8 között) (20)	Magasabb, átlagosan 3,8 (3–5 között) (21)

Table 2. Comparison of traditional pond culture and intensive aquaculture
Conventional pond culture (1); Intensive aquaculture (2); place of production ; production intensity (4) ; fish stocking (5) ; feed (6) ; Manuring (7) ; energy consumption (8) ; trophic level (9); earthen pond (10); tanks (indoor recirculation and flow-through systems) and cages (11); on temperate climate 0.5–1.5 t/ha (12); typically carp-based policulture (13); monoculture (14); supplementary grain feeding, typically based on local resources, significant share of natural food (15); feeding of complete fish feeds (16); typically organic manure application (17); low fossil energy consumption (18); high fossil energy consumption (19); low (in a range of 2–3.8, average 2.6) (20); higher (in a range of 3–5, average 3.8) (21)

matosan átáramló víz biztosítja. Mivel az átfolyóvizes rendszer nem rendelkezik vízkezelő egységgel, a belépő tápanyagok jelentős része a befogadó vizeket terheli, ami a természetes vizeink további minőségromlásához, eutrofizálódásához vezet. Hazánkban az utóbbi két évtizedben terjedtek el az intenzív medencés, átfolyóvizes haltermelő telepek, amelyekben jelenleg az akvakultúrás termelés 12%-át állítják elő (*Pintér*, 2010). Meg kell ugyanakkor említeni, hogy az utóbbi években jelentős erőfeszítések történtek az átfolyóvizes rendszerekből kibocsátott elfolyóvizek környezeti hatásának csökkentésére létesített vizes élőhelyek alkalmazásával (*Kerepeczki és mtsai*, 2003; *Kerepeczki*, 2006). Az intenzív iparszerű rendszerekkel ellentétben, a **halastavi termelés** során a tóba bejuttatott, és a haltermelés által közvetlenül nem hasznosított tápanyagok egy része a tavi életközösség táplálkozási hálózatán keresztül a halak számára újból hozzáférhetővé válik. A halastavi gazdálkodásban nem jellemző a tápetetés, helyette kiegészítő gabonatakarmányozást folytatnak, így a halak energiaszükségletét a gabona, a fehérjeigényét a tóban keletkező természetes táplálékszervezetek biztosítják, emellett jellemző a melléktermékek felhasználása (pl. szervestrágyázás). A hagyományos tavi akvakultúrában a fosszilis energia felhasználás alacsony, ezzel szemben az intenzív – főleg a zárt, zárt recirkulációs rendszerek közvetlen energia felhasználása ezt lényegesen meghaladja (*3. táblázat*).

Az előbbiekkel összhangban a fenntartható haltermelés érdekében szükséges tennivalók a következőképpen foglalhatóak össze (*Naylor és mtsai*, 2000): az alacsony táplálkozási szinteken lévő halfajok termelésének kiterjesztése; a halliszt és halolaj felhasználásának csökkentése a haltakarmányokban; integrált vagy kombinált haltermelő rendszerek fejlesztése; a környezetbarát haltermelési gyakorlat támogatása. Ugyanakkor a fogyasztói igények változásával egyre inkább a magasabb minőségű, értékesebb, elsősorban ragadozó fajok termelése növekszik, amelyek nagytömegben elsősorban iparszerű rendszerekben, haltápok felhasználásával állíthatók elő.

1. ábra **Az intenzív medencés rendszer, a hagyományos halastó és a kombinált haltermelő rendszer nitrogénforgalmának sematikus ábrája**

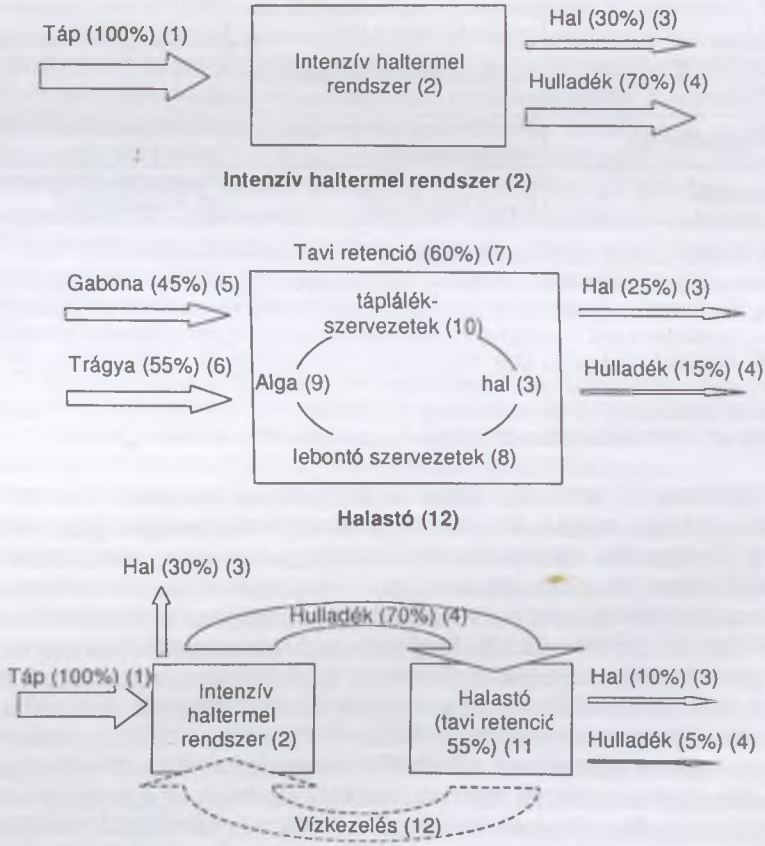

Figure 1. Schematic diagram of the nitrogen cycles of a intensive system, a conventional fishpond and a combined fish production system
feed (1); intensive fish production system (2); fish (3); waste (4); grain (5); manure (6); pond retention (7); decomposing organisms (8); algae (9); natural food (10); fishpond (pond retention) (11); water treatment (12); combined fish production system (13)

A haltermelés környezeti hatásának értékeléséhez széles körben elterjedt az 1 kg haltermeléséhez felhasznált erőforrások számbavétele (*Larsson és mtsai*, 1994; *Bosma* és *Verdegem*, 2011). A fenntartható haltermelés előfeltétele a termeléshez felhasznált erőforrások takarékos használata, a felhasználás hatékonyságának javítása és lehetőség szerint azok újrahasznosítása, ami a kombinált haltermelő rendszerek alkalmazásával megvalósulhat. *(1. ábra)*. A *3. táblázatban* a hazánkban is alkalmazott termelési gyakorlatok – halastavi, zárt recirkulációs és átfolyóvizes haltermelő rendszerek, valamint a kombinált tavi haltermelő rendszerek – jellemző erőforrás felhasználás mértéke került összefoglalásra.

3. táblázat

A haltermelés során felhasznált és kibocsátott tápanyagok mennyisége és a fajlagos vízfelhasználás

	Halas-tavak (1)	Kombinált tavi rendszerek (2)		Átfolyóvizes rendszer (6)	Átfolyóvizes rendszer (6)
		Tavi recirkulációs rendszer (3)	Intenzív kombinált rendszer (4)		
1 kg hal előállításakor felhasznált összes tápanyag (g/kg hal) (7)					
Nitrogén (8)	120	90	99	74	68
Foszfor (9)	24	16	16	15	11
Szerves szén (10)	1300	1150	530	440	410
ebből takarmány eredetű tápanyag (g/kg hal) (11)					
Nitrogén (8)	50	55	75	74	80
Foszfor (9)	7,3	9,9	12	15	13
Szerves szén (10)	975	920	450	440	430
1 kg megtermelt halra eső halliszt felhasználás (12)					
FIFO (kg/kg)	0	0,3	1,3	0,4	1,8
A haltermelés tápanyag-hasznosítása (%) (13)					
Nitrogén (8)	18,4	27,4	33	32	31
Foszfor (9)	10,4	12,8	32	43	28
Szerves szén (10)	6,8	8,6	21	32	24
1 kg megtermelt halra eső tápanyag kibocsátás (g/kg hal) (13)					
Nitrogén (8)	24	6,4	5,8	46	50
Foszfor (9)	2,4	1,9	0,53	8,3	6,8
Szerves szén (10)	290	88	48	72	88
1 kg hal előállításakor felhasznált vízmennyiség (m3/kg hal) (14)					
	24	9,7	1,6	0,24	1,1
1 kg hal előállításakor felhasznált energia (kWh/kg hal) (15)					
	0,2	0,6	0,75	12	0,6

Table 3. The relative discharge and consumption of nutrients and water consumption used for fish production

fishponds (1); combined pond systems (2); pond recirculation system (3); intensive combined system (4); indoor recirculation system (5); flow-through system (6); total nutrients used for 1 kg fish production (g/kg fish) (7); nitrogen (8); phosphorus (9); organic carbon (10); from feed origin nutrients (g/kg fish) (11); fish meal consumption for 1 kg fish produced (12); nutrient utilisation of fish production (13); nutrient discharge for 1 kg fish produced (g/kg fish) (13); water consumption for 1 kg fish produced (m3/kg fish) (14); energy consumption for 1 kg fish produced (kWh/kg fish) (15)

FIFO: Fish In to Fish Out: 1 kg akvakultúrás termék előállításhoz szükséges halliszt és halolaj termeléshez felhasznált vadhal mennyiség

A MAGYAR AKVAKULTÚRA HELYZETE

A magyarországi termelés bázisát a tavi haltermelés adja, az étkezési haltermelésünk megközelítően 86%-a, mintegy 25000 ha halastóból származik, míg a fennmaradó 14% az intenzív, túlnyomó részben átfolyóvizes rendszerekben kerül előállításra (elsősorban afrikai harcsa, kisebb részben pisztráng) (*Pintér*, 2010). A zárt recirkulációs rendszerekben megtermelt halmennyiség az utóbbi évek beruházásai ellenére sem nem éri el az 1%-ot. 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). Mindeközben a hagyományos tavi haltermelésnek számos problémával kell szembenéznie, mint az emelkedő gabonaárak, a madárkártétel, valamint azzal, hogy a fogyasztói igények megváltozása miatt a ponty iránti kereslet jelentős emelkedése a jövőben sem várható.

A halastó és az intenzív zárt recirkulációs rendszerek fajlagos beruházásigénye hasonló; évi 1 tonna kibocsátású rendszer létesítése megközelítően 3–6 mFt befektetett tőkét igényel. Ugyanakkor halastavakban főként, az alacsonyabb áron értékesíthető pontyféléket állítanak elő. A hagyományos tavi haltermelés alacsony beruházás-arányos jövedelmezősége miatt (éves árbevétel jellemzően 300–600 eFt/ha között alakul) új tavak építése nem, vagy csak nagyon hosszú időszak alatt megtérülő befektetés. Ennek következtében az utóbbi évtizedekben az üzemelő halastó terület nem bővült.

A fenntartható tógazdálkodás során nagyon fontos a haltermelő rendszerek alacsony tápanyag-kibocsátása, ugyanakkor nem elhanyagolható a tevékenység gazdaságossága sem, valamint a vidéki lakosság megélhetéséhez való hozzájárulása, a munkahelyek megőrzésével és új munkahelyek létrehozásával. Amikor fenntartható tógazdálkodásról beszélünk, az új tavi termelő rendszerek fejlesztésén túl nagyon fontos áttekinteni, hogy a meglévő halastavaink fenntarthatóak-e. Az alábbi esettanulmányokban áttekintésre kerülnek a hagyományos tógazdálkodás fenntarthatóságát, valamint a fenntarthatóságának erősítése érdekében – főként a HAKI-ban, Szarvason, de a haltermelő gazdaságokkal együttműködésben – végzett technológiafejlesztési munkákat:

- A hagyományos halastavi gazdálkodás környezeti hatásainak vizsgálata
- Kombinált tavi haltermelő rendszerek fejlesztése
- Intenzív medencés rendszerek elfolyóvizének kezelésére kialakított létesített vizes élőhely

ESETTANULMÁNYOK

A hagyományos halastavi gazdálkodás környezeti hatásának vizsgálata

Mivel a tógazdálkodás meghatározó haltermelési forma ezért fontos annak tisztázása, hogy a tógazdasági haltermelés milyen hatással van természetes vizeink minőségére, azokat a halastavak tápanyagokkal milyen mértékben terhelik.

(Az alábbi eredmények részletesen *Gál*, 2006; *Gál* és mtsai, 2006 és 2009 közleményekben kerültek bemutatásra.)

A vizsgálati eredményekből megállapítható volt, hogy a halastavak jelentős mennyiségű tápanyag visszatartására képesek. A halastavak termelési intenzitás növekedésével, vagyis a növekvő halhozamokkal nem járt együtt a tavakból az elfolyóvízzel kibocsátott tápanyagok mennyiségének növekedése. Ezt támasztotta alá a tavakba bekerült nitrogén-, foszfor- és szerves anyag mennyiségek és a visszatartásuk között meglévő erős kapcsolat, ami arra enged következtetni, hogy a halastavak tápanyag-feldolgozási kapacitása lényegesen meghaladja a tógazdálkodási gyakorlatra jellemző nitrogén-, foszfor- és szervesanyag-terheléseket *(4. táblázat)*.

4. táblázat

A vizsgált esettanulmányok tápanyagforgalmi és hozam eredményei

	Hagyományos halastó (1)	Tavi recirkulációs és tó a tóban rendszer (2)	Intenzív kombinált rendszer (3)	Létesített vizes élőhely (4)
Tápanyag feldolgozás (kg/ha) (5)	N: 85	C: 1.200	N: 2.500	N: 1.300
	P: 20	P: 25	P: 375	P: 130
	N: 120	C: 2000	C: 15.000	C: 4.000
a bekerült tápanyag %-ban (5)	N: 53	N: 62	N: 63	N: 94
	P: 74	P: 73	P: 65	P: 92
	C: 74	C: 82	C: 74	C: 90
Elérhető nettó átlaghozam (6)	500–2000 kg/ha (átlag: 900 kg/ha) (8)	2–3 t/ha (a vizsgálat alatt: 2,4 t/ha volt) (9)	10–20 t/ha (élőbevonattal: 15–20 t/ha, nélkül 10–15 t/ha) (10)	0,25–0,5 t/ha
intenzív részben (6)	–	2-5 t/ha	10-15 t/ha	–
extenzív részben (7)	0,5-2 t/ha	1-2 t/ha	3-5 t/ha	0,4-0,8 t/ha

Table 4. Nutrient cycling and fish yields of the case studies
traditional fishpond (1); pond recirculation system and pond in pond system(2); intensive combined system (3); constructed wetland (4); nutrient retention (5); nutrient load (6); in intensive part (7); in extensive part (7); average: 900 kg/ha (8); in the case study: 2.4 t/ha (9); with periphyton: 15–20 t/ha, without periphyton 10–15 t/ha (10)

A halastavak környezeti szerepét értékelve megállapítható, hogy képesek voltak csökkenteni a befogadó vizek tápanyagterhelését, azáltal, hogy a tavakból kevesebb nitrogén és foszfor mennyiség (átlagosan 48 és 62%-kal) távozott a lecsapolásuk során, mint amennyi oda a vízfeltöltés és vízpótlás során bekerült.

Ugyanakkor a halastavakból távozó víz több szerves anyagot tartalmazott (átlagosan 78%-kal), mint amennyi oda a feltöltő vízzel érkezett, a lecsapoláskor megnövekedő szerves lebegőanyag koncentrációk következtében.

Megfigyeléseink igazolták azt, hogy a tógazdasági haltermelés azon kevés állattenyésztési technológiák egyike, melynek során a gazdálkodási tevékenység nem jelent komoly környezeti kockázatot. Sőt, az emberi táplálkozásban bizonyítottan egészséget fenntartó és javító halhús úgy állítható elő, hogy jelentős mértékben hasznosítjuk a más művelési ágak által kibocsátott, az ott nem hasznosult tápanyagokat. Megfelelő tógazdasági gyakorlat alkalmazásával, a tavi életközösségben zajló folyamatokra építve, a befogadó vizek terhelésének minimalizálásával folytatható gazdaságos haltermelés, összhangban a természeti környezet megóvására vonatkozó törekvésekkel.

A hagyományos tavi haltermelés ökológiailag az egyik legfenntarthatóbb akvakultúrás tevékenység, miközben a halastavaink jelentős természeti értéket is képviselnek. A hazai tógazdasági gyakorlat egy jövedelmező, hosszú távon fenntartható gazdálkodási forma. Azonban a halastavak létesítésének költsége a hagyományos tógazdálkodás során nyerhető árbevételhez képest nagyon magas, ezért a halastóterület jelentős bővülésére számítani a jövőben sem lehet. A hagyományos tógazdálkodás során új termelők, különösen a vidék megtartóereje szempontjából fontos családi kis- és mikrovállalkozások megjelenése sem lehet várható.

Kombinált haltermelő rendszerek

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 elfolyóvíz kezelését halastavi ökoszisztémában oldjuk meg, illetve az intenzív akvakultúrát integráljuk a halastavi 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 terhelést.

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:

Alacsony intenzitású kombinált haltermelő rendszerek

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 és mtsai,* 1992). Az alábbi esettanulmányban a rendszer a HAKI Iskolaföldi telepén működtetett rendszer hároméves, üzemi léptékű tesztelése során szerzett tapasztalatainkat foglaljuk össze (részletesen: *Gál és mtsai*, 2003; *Gál,* 2006).

A kísérleti tórendszer intenzív része öt, 1 ha összterületű, 1,5 m vízmélységű intenzív tóból, valamint egy 20 ha területű, 1 m vízmélységű vízkezelő, extenzív tóból állt, amelyek között a vízforgatást szivattyúkkal biztosították *(2. ábra)*. Az intenzív tavak és az extenzív vízkezelő tó térfogat aránya 1:14 volt. A rendszer év közben zártan üzemelt, működése során vízcsere nem történt. A tavak lecsapolására évente egy alkalommal, a lehalászási időszak alatt került sor. A kombinált haltermelő rendszer intenzív tavaiban pontyot, afrikai harcsát és tilápiát neveltek. Az alkalmazott technológia jellemzői a magas népesítési sűrűség, az intenzív takarmányozás és a folyamatos vízátfolyás voltak. A rendszer működése során az intenzív tavak elfolyó vizének kezelése az extenzív halastóban történt. A vízkezelésre szolgáló halastóban olyan halfajokat – pontyot, fehér busát és pettyes busát – neveltek ritka népesítéssel, kiegészítő gabona takarmányozással, amelyek fő tápláléka az intenzív tavak elfolyóvizének tápanyagtartalmát hasznosítva, a tóban elszaporodó természetes táplálék. Az így kezelt víz visszaforgatásra került az intenzív tavakba, ezáltal csökkent a haltermelés vízigénye és a környezetbe kibocsátott szerves és szervetlen tápanyagterhelés.

2. ábra **Kombinált intenzív-extenzív tavi haltermelő rendszer vázlata**

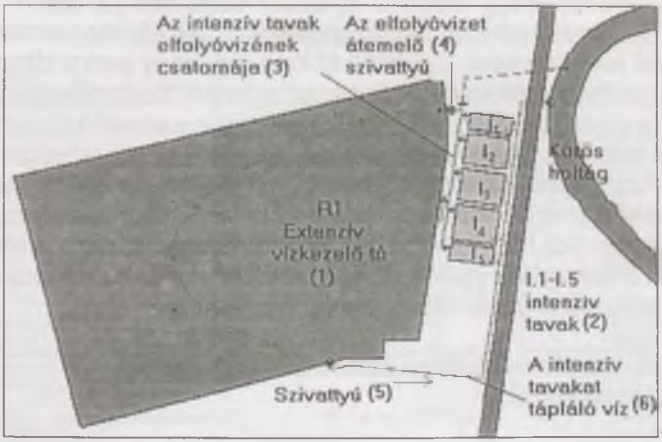

Figure 2. Operational scheme of the combined system
extensive fish pond for water treatment (1); intensive ponds (2);canal of effluent water from intensive ponds (3); pump for discharge water (4); pump (5);canal of inflow water into intensive ponds (6)

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 *(4. táblázat)*. A szerves-szén-, nitrogén- és foszformérlegből megállapítható, hogy a rendszerbe került tápanyagok jelentős, a hagyományos tavi haltermelő rendszereket meghaladó mértékben hasznosultak a halhozam formájában. Az összes bekerült szerves szénnek 8,6%-át, a nitrogénnek 27,4%-át és a foszfornak 12,8%-át hasznosította halbiomassza-gyarapodás formájában a rendszer *(3. táblázat)*.

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 bikulturás népesítési technológia alkalmazásával a hazai tógazdaságokat meghaladó hozamok érhetők 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 elfolyóvíz 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 és mtsai*, 2007), amely ugyancsak a már üzemelő tógazdaságok számára ajánlható alternatíva. A rendszer lényege, hogy egy merevfalú úszó medence kerül kihelyezésre egy meglévő extenzív halastóba *(3. ábra)*. 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/m^3) nevelési sűrűséget tesz lehetővé, mint a földmedrű tavak alkalmazása (1–5 kg/m^3), ugyanakkor a medencék kialakítása fajlagosan magasabb beruházási költséggel jár (kb. 40–80 eFt/m^3).

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, táp-

3. ábra **Tó a tóban rendszer: intenzív halnevelésre szolgáló medencék egy halastóban**

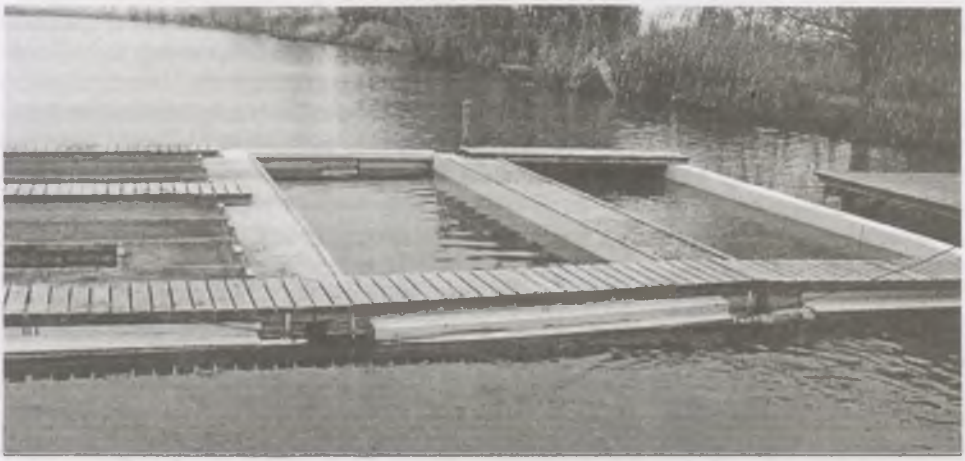

Figure 3. Pond in pond system: floating tanks for intensive fish production in extensive fishpond

anyagarányok módosítása, stb (*Azim*, 2001; *Gál és mtsai*, 2007; *Asaduzzaman és mtsai*, 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 és mtsai*, 2009, *Gál és mtsai*, 2011).

A vizsgálatokat kisméretű tavakban végeztük (a tavak területe egyenként 310 m^2, a vízmélysége 1 m volt), amelyek a kísérleti rendszer extenzív részeiként szolgáltak. A rendszer intenzív részét egy-egy 10 m^2 nagyságú ketrec képezte, amelyeket közvetlenül az extenzív tóba helyeztünk *(4. ábra)*. Lapátkerekes leve-

4. ábra. **Az intenzív kombinált kísérleti rendszer kialakítása**

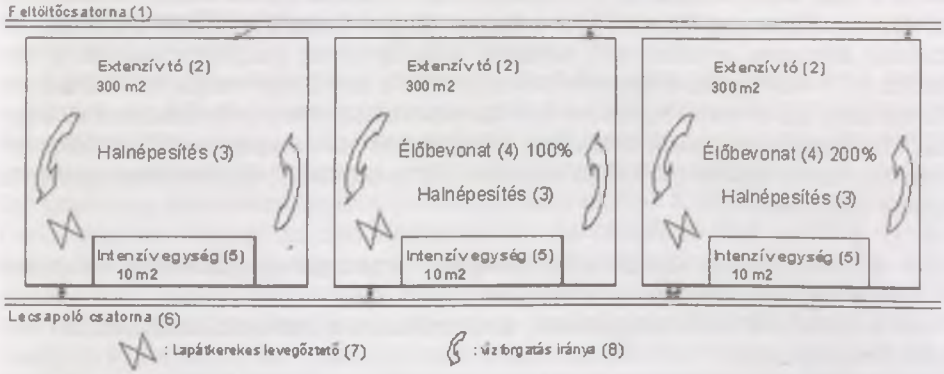

Figure 4. The layout of the experimental intensive combined system
water supply canal (1); extensive pond (2); fish stocking (3); periphyton (4); intensive unit (5); drainage canal (6); paddle wheel aerator (7); direction of water circulation (8)

gőztetők 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 tápanyag terhelések (az átlagos nitrogénterhelés 0,5 és 2,8 g/m^2/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 recirkulációs rendszereknél; évi 1 tonna kibocsátású rendszer létesítése megközelítően 3–6 mFt helyett mindösszsze 0,4–0,8 mFt befektetett tőkét igényel.

A hagyományos tógazdálkodás átlagos halhozamai 1 t/ha alattiak, az előzőekben bemutatott kombinált technológiákkal (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 stb.) nevelhetők, 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 halastavi gazdálkodáshoz hasonlóan alacsony, a haltermelő rendszer jobb tápanyag gazdálkodásának következtében. A kombinált rendszerek alkalmasak a tavi haltermelés intenzitásának növelésére, az intenzív haltermelés által kibocsátott elfolyóvíz kezelésére, a kezelt víz visszaforgatására, miközben a kiegészítő haltermeléssel többlet jövedelmet képesek előállítani, alkalmazásukkal környezetbarát haltermelési gyakorlat folytatható, mert:

- az elfolyóvízzel 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 *(5. táblázat)*.

5. táblázat

A kombinált haltermelő rendszerek alkalmazásának előnyei és hátrányai

Előnyök (1)	Hátrányok (2)
Egyszerű technológia alacsony beruházási és működési költségekkel (3)	Kevésbé kontrollálható termelési feltételek (pl. hőmérséklet ingadozás) (4)
A kiegészítő haltermelés révén jobb tápanyag-hasznosítás és pótlólagos árbevétel (5)	A vízminőség a tóban lejátszódó biológiai folyamatok eredménye (6)
Alacsony tápanyag-kibocsátás (7)	Rövid nevelési időszak (Magyarországon áprilistól októberig) (8)
A haltermelés alacsony energiaigénye (9)	A halak téli tárolását meg kell oldani (10)
Alacsonyabb fajlagos vízfelhasználás összevetve más tavi haltermelési gyakorlattal (11)	
Kis területen megvalósuló haltermelés miatt az állomány jobban védhető a ragadozók támadásaitól (12)	

Table 5. Advantages and disadvantages of combined fish production systems
advantages (1); disadvantages (2); simple technology with low investment and operation costs (3); less controllable production conditions (i.e. temperature) (4); higher nutrient utilisation capacity due to the extensive fish production (5); the water quality is resulted from the biological processes in pond (6); low nutrient discharge (7); limited production season (April till October in Hungary) (8); low energy demand (9); the winter storage of fish need to be solved (10); lower water consumption comparing the traditional pond culture (11); due to the concentrated production in small area the fish can be protected better from predators (12)

Intenzív medencés rendszerek elfolyóvizének kezelésére kialakított létesített vizes élőhely

A létesített vizes élőhelyi rendszer egy speciális változata a kombinált haltermelésnek. Az élőhely alkalmazásának elsődleges célja intenzív haltermelő telepek elfolyóvize által okozott környezeti terhelés csökkentése. Az intenzív haltermelő rendszerek várható jövőbeni terjedése miatt gondoskodni kell az általuk kibocsátott folyékony hulladékok hatékony és olcsó kezeléséről. A legtöbb intenzív haltermelő rendszer, legyen az zárt recirkulációs – amennyiben nem használ denitrifikáló és foszfáteltávolító egységet – vagy átfolyóvizes technológia, jelentős, fajlagosan közel hasonló mennyiségű tápanyagot bocsát ki *(3. táblázat)*. A létesített vizes élőhelyek, halastavak és vízinövényes tavak összekapcsolásával kialakított rendszerek hatékony és olcsó vízkezelési alternatívát jelentenek. Sok esetben a környezetet terhelő intenzív medencés haltermelő rendszerek további működéséhez nélkülözhetetlen vízkezelési technológia legkézenfekvőbb és legolcsóbb alternatívája a létesített vizes élőhelyek alkalmazása.

A Halászati és Öntözési Kutatóintézetben megépült halastavakból és vízinövényes tavakból álló kísérleti vízkezelő rendszer létesítésének célja egy intenzív átfolyóvizes halnevelő telep elfolyóvizének a kezelése volt (bővebben: *Kerepeczki és mtsai*, 2003; *Kerepeczki*, 2006; *Gál és mtsai*, 2009). A vízkezelő tórendszer két halastóból és két vízinövényes tóból állt, melyek lineárisan voltak összekapcsolva. A halastavakat busa-ponty-amur polikultúrában népesítettünk, a vízinövényes tavakban gyékény- illetve nádas állomány alakult ki az évek folyamán.

A vizsgált rendszer alkalmazása az intenzív akvakultúra által kibocsátott nitrogén mennyiségét 1300 kg/ha, a foszfor mennyiségét 130 kg/ha és a kémiai oxigénigényben kifejezett szerves anyag mennyiségét 7500 kg/ha mértékben csökkentette, átlagosan 80% feletti eltávolítási hatékonyság mellett. A rendszer halastavi részében 1200–1500 kg/ha halat termeltünk természetes haltáplálékokon. A tápanyagok eltávolítása az elfolyóvízből csökkentette a vízterhelési díjat és hozzájárult a környezetvédelmi bírságok elkerüléséhez, ugyanakkor a megtermelt piacképes melléktermékek értékesítése járulékos bevételforrást jelenthet (hal és energianövény). Azonban a vízkezelő módszer alkalmazásakor néhány korlát is felmerül. Az éghajlati viszonyok miatt hazánkban télen nem lehetséges a vizes élőhelyek folyamatos működése a nyárival azonos terhelési szint mellett *(6. táblázat)*. Alacsony hőmérséklet esetén (15 °C alatt) az elfolyóvízzel érkező terhelés mérséklése ajánlott a koncentrációk csökkentésével (a lebegőanyagok kiszűrésével) vagy a kezelt térfogat csökkentésével (átmeneti téli tárolással).

6. táblázat

A létesített vizes élőhelyi rendszer terhelhetősége különböző hőmérsékleti tartományokban

Vízhőmérsékleti tartomány (1)	N terhelhetőség (2)	P terhelhetőség (3)	KOI terhelhetőség (3)
	kg/ha/nap		
10–15 °C	3,0	0,4	19
15–20 °C	5,7	0,4	31
20–25 °C	7,4	0,8	44

Table 6. The loading capacity of constructed wetland at different temperature intervals
water temperature interval (1); N loading (2); P loading (3); COD loading (4)

KÖVETKEZTETÉSEK

- Magyarországon a hagyományos tógazdasági haltermelés ökológiailag az egyik legfenntarthatóbb, jellemzően jövedelmező haltermelési tevékenység, de a fajlagosan magas beruházási költségek miatt a tógazdasági termelés jelentős bővülésére, valamint új családi gazdaságok létesülése nem várható. A termelési erőforrások diverzifikációja helyett (amikor a nagyobb, közepes és mikro vállalkozások egyaránt, közel hasonló súllyal vesznek részt a termelésben) az ágazaton belüli lassú tőkekoncentráció valószínűsíthető, amely folyamatot a támogatási rendszer is tovább erősít.
- A tavi haltermelés növelésére, az előállított fajok választékának bővítésére a kombinált rendszerek alkalmasak. Alkalmazásukkal a környezeti terhelés emelkedése nélkül fokozható a tavi termelés intenzitása; hatékonyabb erőforrás fel-

használással érhető el nagyobb haltermelés. A kombinált tavi rendszerek egyaránt eleget tesznek a fenntartható gazdálkodás környezeti, gazdasági és társadalmi aspektusainak.

– A halastavak és egyéb létesített vizes élőhelyek alkalmasak az intenzív haltermelés által kibocsátott elfolyóvizek hatékony kezelésére. Megfelelőek az intenzív medencés – legyen az zárt recirkulációs vagy átfolyóvizes rendszer – haltermelés környezeti hatásainak hatékony csökkentésére.

IRODALOM

Asaduzzaman, M. – Wahab, M.A. – Verdegem, M.C.J. – Huque, S. – Salam, M.A. – Azim, M.E. (2008): C/N ratio control and substrate addition for periphyton development jointly enhance freshwater prawn Macrobrachium rosenbergii production in ponds. Aquaculture, 280. 117–123.

Azim, M.E. (2001): The potential of periphyton-based aquaculture production systems. Dissertation, Wageningen University, The Netherlands

Bosma, R.H. – Verdegem, M.C.J. (2011): Sustainable aquaculture in ponds: Principles, practices and limits. Livest. Sci., 139. 58–68.

Diab, S. – Kochba, M. – Mires, D. – Avnimelech, Y. (1992): Combined intensive-extensive (CIE) pond system A: inorganic nitrogen transformations. Aquaculture, 101. 33–39.

Füllner, G. – Gottschalk, T. – Pfeifer, M. (2007): Experiments for the production of hybrid striped bass in in-pond circulation system. Aquacult. Int., 15. 241–248.

Gál D. – Szabó P. – Pekar F. – Váradi L. (2003): Experiments on the nutrient removal and retention of a pond recirculation system. Hydrobiologica, 506. 767–772.

Gál D. (2006): Környezetbarát, kombinált tavi haltermelő rendszerek fejlesztése. Doktori értekezés, Debreceni Egyetem, 149.

Gál D. – Kerepeczki É. – Szabó P. – Pekár F. (2006): A tógazdasági haltermelés környezeti hatásainak felmérése. Agrártudományi Közlemények, 21. 19–24.

Gál D. – Pekár F. – Kerepeczki É. – Váradi L. (2007): Experiments on the operation of a combined aquaculture-algae system. Aquacult. Int., 15. 173–180.

Gál D. – Kerepeczki É. – Kosáros T. – Hegedűs R. – Pekár F. – Váradi L. (2009): Water treatment of intensive aquaculture systems through wetlands and extensive fish ponds. In: SustainAqua – Integrated approach for a sustainable and healthy freshwater aquaculture 25–42.

Gál D.– Pekár F. – Kosáros T. – Kerepeczki É. (2011): Potential of nutrient reutilisation in combined intensive-extensive pond systems. Aquacult. Int., (in press)

Hargreaves, J.A. (1998): Nitrogen biogeochemistry of aquaculture ponds. Aquaculture, 166. 181-212.

Kerepeczki É. (2006): Intenzív haltermelő telep elfolyóvizének kezelése létesített vizes élőhelyi rendszerben. Doktori értekezés, Debreceni Egyetem, 111.

Kerepeczki É. – Gál D. – Szabó P. – Pekár F. (2003): Preliminary investigations on the nutrient removal efficiency of a wetland-type ecosystem. Hydrobiologica, 506. 665–670.

Larsson, J. – Folke, C. – Kautsky, N. (1994): Ecological limitation and appropriation of ecosystem support by shrimp farming in Columbia. Environ. Manage., 18. 663-676.

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. 1017–1024.

Pintér K. (2010): Magyarország halászata 2009-ben. Halászat, 103. 2. 43–48.

Tacon, A.G.J. – Metain, M. (2009): Fishing for aquaculture: non-food use of small pelagic forage fish: a global perspective. Rev. Fis. Sci., 17. 305–317.

Érkezett: *2011. július 18.*

Szerző címe: *Gál D.*
Halászati és Öntözési Kutatóintézet,
Author address: Research Institute for Fisheries, Aquaculture and Irrigation
H-5540 Szarvas, Anna-liget 8.,
gald@haki.hu, tel. +36 66 515323, fax. +36 66 312142