

# **FEKETE SZABOLCS: AKVAKULTÚRA RENDSZEREK TÁPANYAGDÚS ELFOLYÓVÍZ KEZELÉSE ÉS HASZNOSÍTÁSA AZ ENERGETIKAI CÉLÚ BIOMASSZA TERMELÉS ÉRDEKÉBEN**

## **1. Témafelvetés**

Tanulmányaim során több intenzív, intenzív-extenzív (kombinált) halgazdálkodási tudományos kísérletben aktívan részt vállaltam (jogelőd Halászati és Öntözési Kutatóintézetben, Szarvas) mint projekt asszisztens, mely mellett szezonálisan a növénytermesztésben is dolgoztam. Munkám során gondolkodóba ejtett, hogy miként valósítható meg egy olyan „polikultúrás” rendszer, ami a tározott víz gazdaságos hasznosítására irányul (akvakultúra, vízkezelés és hasznosítás, fenntartható növénytermesztés). Hipotézisem, hogy a fenntartható fejlődés szempontjait figyelembe véve a visszatartott víz, hogyan képes több gazdasági folyamatban részt venni. Legyen szó, olyan víztározóról, ahol halgazdálkodás folyik, vagy halastóról, ahol intenzív, extenzív vagy kombinált haltenyésztés folyik, mindegyik esetben keletkezik olyan elfolyóvíz, amit egyrészt kezelni kell, másrészt pedig öntözéssel tovább lehetne hasznosítani. Esetünkben intenzív és intenzív-extenzív akvakultúra rendszereken végeztem vízminőségi és tápanyagtartalmi vizsgálatokat az elmúlt években, melynek eredményei alapján, nyomon követhetjük a vizsgált halnevelő egységeink vizeinek minőségét. A halnevelő telepek magas tápanyagtartalmú elfolyóvizének kezelése a kísérlet helyszínén létesített vizes élőhelyen (wetland) történik, így tisztított szennyvíz jut közvetlenül a befogadóba. Véleményem szerint a víz továbbhasznosításának szempontjából más jellegű innovatív eredményeket is el lehetne érni, ha pl. a halas elfolyóvizet öntözéssel növénytermesztésben hasznosítanánk (pl.: fás- és lágyszárú energiaültetvényekben).

Elkészített dolgozatom célja egy kutatási terv összeállítása, amely a visszatartott víz gazdaságossági hasznosítására törekszik, több termelési folyamaton keresztül.

## **2. Bevezetés**

A fenntartható mezőgazdasági termelés folyamán a vízkincs megőrzése, a befogadók és a talajok terhelésének csökkentése, illetve a víz- és energiatakarékos öntözési módok alkalmazása napjainkban egyre jelentősebb szerepet kapnak.

A magyarországi haltermelés bázisát a tavi haltermelés adja, az étkezési haltermelésünk megközelítően 86%-a, mintegy 25.000 ha halastóból származik (PINTÉR, 2010). A számos eltérő körülmény közül a legmeghatározóbb, hogy a termelés színtere a halastó, közege pedig a víz. Annak ellenére ugyanis, hogy az árasztás előtt a halastavakat pontosan meghatározott tervek szerint előkészítik, működésük során pedig mind a kihelyezett halfajok, mind a halak etetése vagy más beavatkozások (trágyázás) révén az ember aktív ellenőrzése és beavatkozása alatt állnak, a feltöltés pillanatától kezdve minden egyes tó önálló életet kezd élni, önálló egységnek tekinthető, és minden egyes halastóban kialakul egy rá jellemző vízminőségi állapot (HANCZ, 2007). A fenntartható fejlődés biztosításának egyik alapvető feltétele a természeti erőforrások kíméletes hasznosítása, a természeti környezet minőségének megőrzése és javítása (GÁL, 2006). Hazánk éghajlata kontinentális jellegű, amelyre jellemző, hogy a lehullott csapadék mennyisége egyes növénykultúrák vízigényét csak részben fedezi a

tenyészidőszakban (TÓTH, 2006). Az öntözéses növénytermesztés során a talaj nedvességtartalmának fokozásával, vízháztartásának szabályozásával változnak a talaj fizikai, kémiai és biológiai tulajdonságai. A termőhelyhez és a növénykultúrához adaptált öntözési mód alkalmazásával nemcsak a termés mennyisége és minősége fokozható, hanem a talaj termékenysége is. A szárazföldi, vízi és vizes élőhelyek szerkezetét és működését meghatározó fizikai, kémiai és biológiai folyamatok céltudatos alkalmazása jó lehetőségeket biztosít szerves és szervesetlen tápanyagokkal terhelt folyékony hulladékok és melléktermékek tápanyagtartalmának visszaforgatására, újrahasznosítására, amely egyúttal a víz különféle célokra történő újrafelhasználását is jelenti. Az intenzív haltermelő telepek elfolyó vizével kibocsátott tápanyagok komoly terhelést jelentenek a környezetre, az általában befogadóként funkcionáló természetes víztestekre. A halas elfolyó víznek jelentős a nitrogén, foszfor és szerves anyag tartalma, amely öntözéses tápanyag-utánpótlási technológiával álláspontunk szerint energiaültetvényekben kiválóan hasznosítható (Forrás: [www.naik.hu](http://www.naik.hu)).

A megújuló energiaforrások elterjedésével fokozódik az igény a fás- és lágyszárú energianövények helyben történő termesztésére. Az említett ültetvények öntözésére kézenfekvő megoldás lehet a mezőgazdasági eredetű elfolyóvizek (pl.: halas elfolyóvizek) felhasználása.

### **3. Irodalmi áttekintés**

A következőkben az elfolyóvizek típusait szeretném bemutatni mezőgazdasági szempontból, illetve e tápanyagban gazdag vizek kezelését és hasznosítását, majd az öntözéses hasznosításával kapcsolatosan tárgyalni fogom a későbbiek során az energianövények termesztését.

#### **3.1. Mezőgazdasági eredetű elfolyóvizek**

Vízszennyezésnek nevezünk minden olyan rendszerint mesterséges, külső hatást, mely a felszíni és felszín alatti vizek minőségét úgy változtatja meg, hogy a víz alkalmassága a benne zajló természetes folyamatok biztosítására és az emberi használatra csökken vagy megszűnik (BARÓTFI, 2000). Egy adott térség vizeinek minősége – a hidrometeorológiai viszonyok mellett – visszatükrözi a vízgyűjtőterületen folytatott ipari, mezőgazdasági tevékenységet, a település szerkezetét, a terület sajátos hasznosítását. A szennyező-anyag-kibocsátást és az ezzel összefüggő szennyezőanyag-terhelést nem a természetes folyamatok, hanem az emberi tevékenység adott szintje határozza meg. Az emberi tevékenység felgyorsítja az anyagok áramlását az ökoszisztémán belül és kívül egyaránt. Az intenzív mezőgazdaság és erdőszelvény nagyobb fokú erózióhoz vezet és ez a talajok tápanyag-visszatartó kapacitását csökkenti. A szárazföldi, vízi és vizes élőhelyek szerkezetét és működését meghatározó fizikai, kémiai és biológiai folyamatok céltudatos alkalmazása jó lehetőségeket biztosít szerves és szervesetlen tápanyagokkal terhelt folyékony hulladékok és melléktermékek tápanyagtartalmának visszaforgatására, újrahasznosítására, mely egyúttal a víz különféle célokra történő újrafelhasználását is jelenti. Megfelelően szabályozott körülmények között reális lehetőség kínálkozik mezőgazdasági eredetű szennyvizek, elfolyóvizek, használt termálvizek és hígtrágyák (összefoglalóan: folyékony hulladékok) hatékony ökológiai kezelésére,

újrahasznosítására, visszaforgatására, végeredményben a természeti környezetet kímélő, de ugyanakkor annak természetes folyamatait a társadalom és a környezet számára egyaránt előnyösen felhasználó technológiák kidolgozására. Az öko-technológiai elemek vizsgálatával (pl. élőbevonat, sótűrő növények alkalmazása, vízkeverés, intenzív levegőztetés, halas biomanipuláció) a vízkezelő rendszer működéséről, a vízi ökoszisztéma anyagforgalmáról és a hatékonyság növelhetőségéről kapunk pontosabb ismereteket.

### **3.2. Akvakultúra rendszerek**

A környezeti terhelés csökkentése érdekében és a visszatartott víz gazdaságossági hasznosítása tekintetében innovatív eredményeket lehetne elérni, ha a felhasználni kívánt mezőgazdasági eredetű vizek több termelési folyamaton keresztül hasznosulna. A visszatartott víz elsődleges hasznosítója a halgazdálkodás lenne, de a víz nem „rekedne” meg az első rendszerbe, vagy kerülne vissza teljesen kezeletlenül, vagy hatékonyan, de részben kezelt (lásd: wetland) a környezetbe, hanem öntözéssel egybekapcsolhatóvá válna a növénytermesztéssel.

A magyarországi haltermelés bázisát a tavi haltermelés adja. 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 kombinált rendszerek működésének kulcsa az extenzív rész vízkezelő, tápanyag feldolgozó képessége, ami különböző technológiai elemek alkalmazásával tovább fokozható. 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, 1986). 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). 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 oxigén termelésben 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 szervestrágyázás során feltárt törvényszerűségek jól alkalmazhatóak az integrált haltermelési, továbbá a vízkezelési technológiák kialakításakor. A halastavakban keletkezett elfolyóvíz, amelyben különféle szerves és szervesetlen anyagok egészen a molekuláris mérettől a több milliméteres méretekig, viszonylag egyenletes eloszlásban vannak jelen. Az ún. durva diszperz rendszerekre és a kolloidális rendszerekre jellemző tulajdonságok egyaránt érvényesülnek az elfolyóvízre. Kémiai összetétele nagymértékben függ, hogy milyen halfajtát vagy fajtaikat tenyésztünk, továbbá függ a tenyésztés korától, a takarmány és a felhasznált víz minőségétől, arányaitól stb. A vizsgálatok rámutattak arra, hogy a halnevelés során keletkező „hígtrágya” növényi tápanyagtartalma jelentős, trágyaértéke nagy.

### ***3.3. Mezőgazdasági eredetű elfolyóvizek kezelése és hasznosítása***

#### ***3.3.1. Szennyvizek növénytelepes tisztítása***

Napjainkban egyre nagyobb szerepet tulajdonítanak ennek a mesterségesen ültetett természetes biológiai rendszernek, az ún. ökoszisztémának a szennyvíztisztítás területén. A közölt irodalmi adatok alapján e rendszerek mind műszaki, mind közegészségügyi szempontból hatékonyan látszanak szerves szennyező anyagok, tápanyagok, nyomokban található nehézfémek eltávolítására (SOMLYÓDI, 1989). E természetes rendszereken belül jelentős helyet foglalnak el a vízkultúrás rendszerek, melyeket önállóan is, de elsősorban szennyvíztelepek részeként alkalmaznak különféle szennyvizek tisztítására. Ezek mind meglévő, mind mesterségesen létrehozott medencéket, tavakat, tározókat, üdülőtavakat foglalnak magukba, melyek különféle vízinövényekkel (sás, nád, vízililiom, káka) vannak

betelepítve és velük a legkülönbélebb mikro-, és makroszkópikus élőlények (csigák, rákok, algák, férgek, gombák, kagylók) alkotnak dinamikus életközösségeket. Ezek kombinációi térben elválasztott is lehet, mely optimális elosztására ma is kutatások folynak. A vízínövényes szennyvíztisztítás több mint negyed évszázados múltra tekint vissza (REDDY, 1983).

### *3.3.2. Szennyvíztisztítás halastavakban*

A halastavak táplálékláncán keresztül jelentős mennyiségű nitrogén, foszfor és szervesanyag hasznosítható (OLÁH et al., 1986; KOVÁCS et al., 1984), megfelelő technológiával a halastavak alkalmasak a mezőgazdasági vagy kommunális, esetleg ipari eredetű, tápanyagokkal terhelt elfolyó vizek vagy szennyvizek kezelésére (PONYI et al., 1974). A vízi makrofitákkal telepített, létesített vizes élőhelyek szintén rendkívül alkalmasak arra, hogy kiszűrjék a bevezetett víz tápanyagtartalmát (LUEDERITZ et al., 2001; HOFMANN, 1996). A szennyvizes halastó – megfelelő körülmények között – alkalmas a mechanikailag vagy biológiailag tisztított szennyvíz tisztítására. A szennyvizes halastó olyan zárt rendszer, amelyben a szerves anyag lebontását a baktériumok oxigén jelenlétében végzik el. A szennyvíz bevezetés következtében a fitoplankton mennyisége nő, eutróf víz alakul ki. A szennyvízben lévő tápanyag a tavi táplálékláncba kerül, egy részét a növényi szervezetek, más részét az állati szervezetek (zooplankton, fenékfauna, hal stb.) veszik fel. Halastavas szennyvíz tisztításra biológiailag bontható szervesanyag tartalmú, toxikus vagy a lebontási folyamatot, gátló anyagot nem tartalmazó szennyvíz alkalmas.

### *3.3.3. Mezőgazdasági szennyvízkezelés akvapóniás rendszerben*

A rendszer lényege, hogy az intenzív halnevelő rendszerekről a halak anyagcseréje során kibocsátott, szerves és szervetlen anyagokkal (ammónia, nitrit, stb.) terhelt víz egy olyan mesterségesen létrehozott kavicságyon folyik keresztül, amelyen különféle haszonnövények vannak palántázva. A kavicságyonak három fő funkciója van: nagy felületéből adódóan a szerves anyagok stabilizálásáért felelős mikroorganizmusoknak élőfelületet biztosít; mechanikai szűrőként is funkcionál és a haszonnövények számára élőhelyet biztosít.

### *3.3.4. A halastó-wetland rendszer üzemeltetése*

Magyarországon hiánypótló kutatásnak számít a halastavak és létesített vizes élőhelyek tápanyagforgalmi vizsgálatán alapuló intenzív halnevelő telepekről származó tápanyagdús elfolyóvíz, illetve szennyvíz kezelési technológiák alkalmazása. A HAKI által folytatott kísérletek alapján a halastó-wetland rendszer hatékonyan távolította el az intenzív haltermelő telep elfolyóvizével bejutott tápanyagokat. A jó tisztítási hatások mellett a tápanyaghasznosítás is igen hatékony volt a halastavakban jelentős halbiomassza gyarapodással (KEREPECZKI et al., 2002), ugyanakkor a létesített vizes élőhelyen jelentős növényi biomassa is keletkezik. A környezet terhelésének csökkentése és ez által a környezetterhelési díj, talajterhelési díj, mint költségtenyező a továbbiakban nem jelentkezik, különösen akkor, ha a wetland rendszeren „megszűrt” vizet öntözéssel továbbhasznosítjuk. Így a szennyvizek természetes biológiai tisztításának legcélszerűbb módját választva kiöntözéssel (a talaj élővilága, a növények, a talajszemcsék szűrési és adszorpciós

képességének felhasználásával) a növénytermesztésben is hasznosulhat. A mérgező anyagok tekintetében ellenőrzött vízzel együtt ugyanakkor tápanyagot is kap a kultúra, amely szerves-, illetve műtrágya megtakarítást eredményez (LÁNG, 2002). Talajaink tápanyag szolgáltató képessége korlátozott, véges, ugyanakkor a termelők számára is megterhelést jelent a tápanyag visszajuttatás, hiszen az összköltség akár 25-35 %-át is jelentheti (KISS, 2001).

### 3.3.5. Szennyvízöntözés

Öntözni – megfelelő vízminőség esetén – szennyvízzel is lehet, különösen akkor, ha toxikus elemektől mentes, de tápanyagban dús mezőgazdasági eredetű elfolyóvizet alkalmazunk. A szennyvízöntözésnek – a korlátozott lehetőségek miatt – általában csak kisebb, helyi jelentősége van egyelőre, azonban a szállítási költségek csökkentése miatt elsősorban azokon a telepeken alkalmazható, ahol rendelkezésre áll a kiöntözéshez szükséges mezőgazdasági terület. A szennyvízzel való öntözés 1-2%-os terepesés esetén csörgedezettető vagy barázdás öntözési módszerrel, míg lazább szerkezetű talajon esőtető berendezéssel oldható meg, a víz előzetes szűrése (lebegőanyagok) után.

*A szennyvízöntözés általános előnyeit és hátrányait az alábbi táblázat mutatja be:*

Előnyök	Hátrányok és korlátozó tényezők
- Jelentős többlet biomassa produktum	- Az öntözött növényekre mérgező hatású összetevők előzetes eltávolítása szükséges
- Alternatív vízforrás (vizek helyben tartása)	- Szigorú egészségügyi és környezeti szabályozások a lehetséges szennyeződésekre és mérgező összetevőkre
- A tisztítási eljárás kombinálása a termeléssel	- Talaj bakteriális elszennyeződése
- A haszonnövények ellátása vízzel és tápanyaggal – pl. fatermelés	- Talajvíz szennyeződhet - drénhálózat
- Az adott terület mezőgazdasági értékének növelése	- Szikesedés
- A műtrágya szükséglet csökkentése, megszüntetése	- Legalább mechanikai előkezelés szükséges. A talajvízkészlet veszélyeztetettségének mértéke alapján kell az előkezelési módot meghatározni.
- Olcsó és egyszerű üzemeltetés	
- Kimagasló P eltávolítás	
- Környezetbarát szennyvízhasznosítás	

### 3.4. Halas elfolyóvizek öntözéses hasznosítása energianövény termesztéssel

A napenergia az egyik legígéretesebb megújuló, illetve megújítható energiaforrásunk, amelynek egyik közvetett hasznosítási módja a biomassa termelés. Az egyre durvább környezetszennyezés miatt azonban a fejlett országokban ismét előterébe került valamennyi biomassa eredetű energiahordozó, valamint azok termelésének és felhasználásuk kiterjesztésének kutatása.

### 3.4.1. Lágy- és fás szárú energianövények

A biomassza előállítás egyik leginkább fejlődő ágazata a lágy- és fás szárú energianövények termesztése és hasznosítása. *Energiafűvek*: Hazai körülmények között egy családi ház egy évi fűtési igényét egy hektáron termesztett energiafű képes fedezni. Az energetikai célra termesztett fűfélék között a „Szarvasi-1” energiafű előkelő helyen szerepel. Dr. Janowszky János és Janowszky Zsolt olyan energiafűvet nemesített Szarvason, amely igen nagy hozamú, a talaj minőségére és az éghajlat szélsőségeire viszont nem érzékeny (MOLNÁR, 2004). Az *energiaerdők kialakítására alkalmas gyorsan növekvő fajok közül; a Fehér akác* biomasszaként nagyon fontos tulajdonsága, hogy szárítás nélkül, „nyersen” is ég. Tüzeléses hasznosítása a többi fajhoz képest a legelterjedtebb. Termőterülettől függően 2–5 évente vágható. A *Nyárf*a telepítése után néhány évvel már jól értékesíthető és nagytömegű választékot szolgáltatnak. 3–4 évente lehet hozamot letermelni, melynek értéke megfelelő vízgazdálkodású területen 20-25 t/ha/év (200-250 GJ/ha/év). A *Fehér fűz* esetén energetikai célú kísérletekben a fűz telepítésénél 35 t/ha/év (350 GJ/ha/év) hozamot értek el. Mivel a fűz a magas vízkapacitásos állapotokat jól tűri, sőt kedveli, ezért a rendszeresen vízjárta területeken (ár- és belvíz által veszélyeztetett területek) új hasznosítási irányára a legmegfelelőbbnek tekinthető.

Az energetikai faültetvények előnye az energiafűvekkel szemben	Az energetikai faültetvények hátránya az energiafűvekkel szemben
<ul style="list-style-type: none"> <li>• sok faj, sok termőhely jöhet számításba, elárasztott területek is használhatók</li> <li>• egy telepítés után több betakarítás lehetséges, energiaerdő élettartama általában megegyezik a fűtőmű élettartamával (25 év)</li> <li>• nagy energiahozamú (~100–450 GJ / ha év), betakarításkor nagy anyag és energiakonzentráció</li> <li>• betakarítás lehetséges a mezőgazdasági holtidényben is</li> <li>• betakarítás elhalasztása nem okoz termésvesztést</li> <li>• termesztési cél időközben megváltoztatható, ezáltal csökken az átvevő kiszolgáltatottsága</li> <li>• energetikai többszörös jobb (10–12), mint a lágyszárúak esetén</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• a kitermelés nagy gépigényű, költséges, veszélyes</li> <li>• komolyabb, több munkafázisból álló előkészítése szükséges a fának</li> <li>• betakarítás utáni esetleges profilújítás (más faj termesztése) csak nagyon hosszú idő (minimum 10–20 év) után lehetséges</li> <li>• nem hasznosítható a faanyag takarmányozás céljára, ezáltal nem segíti elő az önfenntartást</li> </ul>

Mindezek alapján látható, hogy előnyösebb, ha nemcsak a meglévő erdők erdészeti melléktermékeit használjuk fel, hanem új erdőket is telepítünk. Ez pedig leggyorsabban az akácok, nyárfák és a fűzek telepítésével válik gazdaságossá (MOLNÁR, 2004). Általánosságban elmondható, hogy ésszerű termelés esetén az ültetvények pozitívan hatnak úgy a talaj szerkezeti, mint minőségi tulajdonságaira. Az energianövényekre jellemző gyors és nagymértékű anyagfelhalmozás fokozott vízfelhasználással járhat. Nagyon fontos ezért, hogy megvizsgálják egyrészt az energianövény, másrészt az energiaültetvények kialakítására

felhasználható terület vízháztartását és ennek megfelelően döntsenek az esetleges természetéről.

#### 3.4.2. *Energianövények felhasználási lehetőségei*

Az energia ültetvények a felhasználó igényeit figyelembe véve létesülnek. Két fontos változatuk ismert: az újratelepítéses és a sarjzatotott üzemű (BAI, 2002). Az *újratelepítéses változat* lényege az, hogy bármilyen gyorsan növe fafajjal, hagyományos technológiával, de a szokásosnál nagyobb növény számmal telepített monokultúrát 10-12 évig tartják fenn, ezt követően erdészeti betakarítási technológiát és technikát alkalmazva betartják, és egységes választékká (tűzifa vagy energetikai apríték) készítik fel. A végvágást követően a vágásterületen talaj-előkészítést végeznek, majd ismételt telepítésre kerül sor. 8-15 t/ha/év élőnedves hozammal (80-150 GJ/ha/év) számolhatunk. A *sarjzatotásos üzemmód* alkalmazásakor jól sarjadó, nagy hozamú fajokkal létesítik az ültetvényt. A telepítés után 3-5 évenként kerül sor betakarításra. Az energiatermelési céllal történő biomassza termelés és felhasználás finanszírozásának hazai tapasztalatai még jelenleg is kialakulóban vannak. Az energetikai célú növénytermesztés elterjedéséhez megfelelő, azaz biztos lábakon álló finanszírozási háttérre van szükség (GONZCLIK et al., 2005). A faültetvények mezőgazdasági hasznosításból kivont területeken létesülnek, és fatermesztés mellett földhasznosítást is szolgálnak. A technológia átmenetet képez az erdőgazdálkodás és a mezőgazdálkodás között. Szántóföldi gazdálkodás terepviszonyai mellett, a faültetvények jó termőképességű területeken létesülnek. Az energiafelhasználás növekedésének mérséklése, a fosszilis energiaforrásokkal való takarékoskodás vetette fel a megújuló energiaforrások használatának szükségességét. A biomassza energetikai hasznosításában, Magyarország adottságai rendkívül optimálisak, ugyanakkor a számottevő elterjedéséről még nem lehet beszámolni. Célszerűnek mutatkozik a magyar természeti adottságokból adódó előnyös lehetőségek, technikai megvalósíthatóság lehetőségei.

#### 4. **Kutatási tervezés**

Elkészített dolgozatomban célja egy kutatási terv összeállítása, amely a visszatartott víz gazdaságossági hasznosítására törekszik, több termelési folyamaton keresztül. A haltenyésztés során intenzív takarmányozást folytatunk a jobb hozam elérése érdekében, viszont a bejutatott tápanyag és a halak által kibocsátott salakanyag terheli életközegüket, a vizet, és ennek minőségét degradálja. A tápanyagban gazdag elfolyóvizet az öntözési technológia segítségével lágú- és fás szárú energianövény termesztésben hasznosítanánk. Az energianövények további hasznosításában pedig számtalan lehetőség kínálkozik (pl: fűtés, biogáz előállítás, stb.) A tervezett projekt időtartama min. 3 év. Az első évben a kísérlet tervezése és beállítása a cél, mely magába foglalja a kísérleti tér kijelölését, talajelőkészítést, dugványozást, az öntözéshez szükséges infrastrukturális feltételek megteremtését, talajvíz kutak telepítését, mikro-meteorológiai állomás beszerzését és beüzemelését. Célként kiemelő az olcsó és könnyen adaptálható technológiai megoldás kidolgozása és alkalmazása a mezőgazdasági szennyvizek hasznosítását illetően.



#### **4.1. Célkitűzés**

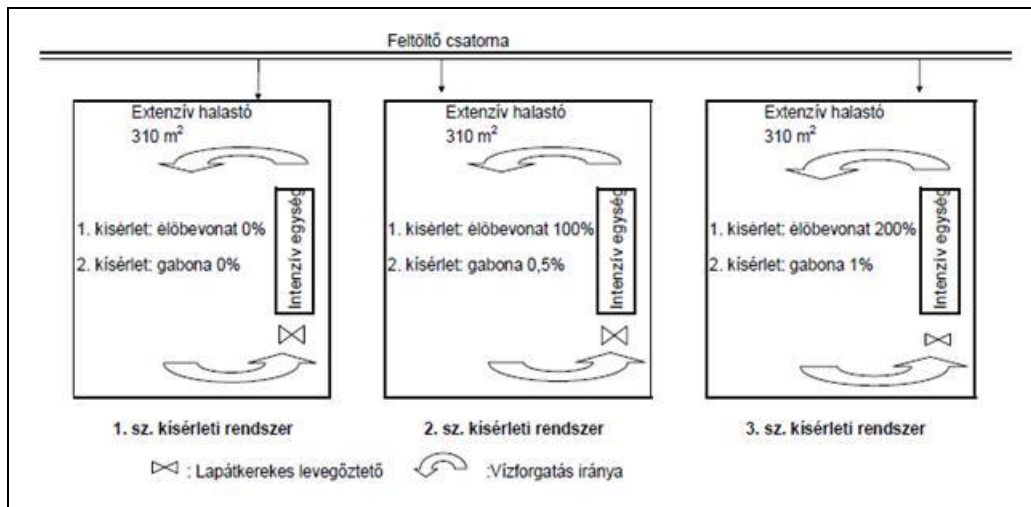
A kísérlet célja, egyrészt halas elfolyóvíz kezelés, majd továbbhasznosítás. Elsőként meghatározzuk a halastavak vízminőségét (lásd. 4.2. alfejezet). Halgazdálkodás során különböző halfajokat tenyészthetünk, amelyeknek különböző takarmányigényük van, de takarmányozás nélküli tartásnál is vizsgálnunk kell a természetes hozam alakulását és a vízkémiai paramétereket is (1., 2. táblázat).

A különböző takarmányok eltérő módon hasznosulnak a tavakban. Tervezett innovatív elképzelésünk során definiálnunk kell a halas elfolyóvízben fellelhető tápanyagok hasznosításának dinamikáját, az energianövények növekedésdinamikáját, meghatározni a csurgalékvizek hasznosítási lehetőségét, a kiöntözés során a talajban végbemenő tisztulás és akkumulációs folyamatokat, illetve túlöntözés esetén a talajvízbe kerülő szennyező anyagokat, melynek minimalizálására kell törekedni. Jelen kísérleti program alkalmas ad a különböző eredetű mezőgazdasági elfolyóvizek (pl.: földházak/üvegházak csurgalékvize) hasznosítási technológiájának kidolgozására a jövőben. Kiemelt célként jelölhetjük meg a környezetszennyezés csökkentését, a befogadók terhelésének csökkentését, és a talajterhelés csökkentésének technológiáját fitoremediációval. Zárásként javaslatok fogalmazhatók meg a technológia további fejlesztését, illetve adaptálási lehetőségeinek illetően.

#### **4.2. Halas elfolyóvíz kezelés**

A kombinált intenzív-extenzív rendszerek működésének koncepciója abban rejlik, hogy az extenzív rész tápanyagfeldolgozó jellege különféle technológiai elemek alkalmazásával tovább fokozható. Vizsgálataimmal bekapcsolódtam egy kutatási programba, 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 szervetlen tápanyagterhelés, miközben egységnyi takarmány felhasználásával több hal állítható elő.

Vizsgálataim során (2010-2011) a kombinált rendszeren végzett kísérleteket (1. ábra) három, egyenként 310 m<sup>2</sup> felületű tóban végeztük (extenzív rész), amelyekbe egy-egy ketrecet helyeztünk intenzív egységként (3db). A tavakat Körös holtágából árasztottuk fel egy héttel a népesítést megelőzően. Mindhárom kísérleti egységben azonos volt a népesítés: az intenzív egységeket 400kg afrikai harcsával népesítettük, míg az extenzív részbe pontyot helyeztünk ki. Kizárólag a rendszer intenzív részét takarmányoztuk. Az 1. évben különböző mestersége felületeket alakítottunk ki az élőbevonat sűrűségének fokozására (0, 1 és 2 m<sup>2</sup> élőbevonat felület/m<sup>2</sup> tófelület). A 2. évben a tavakba az extenzív tó haltömegének 0, 0,5 és 1 %-ával megegyező gabonát juttattunk ki naponta, mint pótlólagos szénforrást. A tenyészidőszak alatt a szivárgásból és párolgásból eredő vízvesztéséget pótoltuk.



1. ábra: A kombinált intenzív-extenzív rendszer kialakítása

**Vizsgált paraméterek:** A kísérleti tavainkból hetente 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- ( $\text{PO}_4\text{-P}$ ) és összes foszfor (TP), valamint a kémiai oxigénigény (KOICr) változását. A vízkémiai paraméterek mérése az MSZ, MSZ ISO és APHA szabványok szerint történt (FELFÖLDY, 1987; APHA, 1998; NÉMETH, 1998).

1. táblázat: Vízkémiai paraméterek alakulása élőbevonat és szerveszén adagolása során (2010-2011)

	1. kísérleti év élőbevonat vizsgálata			2. kísérleti év szerveszén adagolás hatásának vizsgálata		
	élőbevonat 0 %	élőbevonat 100 %	élőbevonat 200 %	gabona 0%	gabona 0,5%	gabona 1%
<b>Vízkémiai paraméterek (mg/L)</b>						
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
$\text{NO}_2\text{-N}$	0,48±0,22	0,43±0,40	0,38±0,26	0,31±0,09	0,25±0,04	0,46±0,31
$\text{NO}_3\text{-N}$	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
$\text{PO}_4\text{-P}$	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
<b>Elsődleges termelés/társulás légzés (<math>\text{gC/m}^2/\text{nap}</math>)</b>						
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

(Forrás: Saját eredmények)

Különböző élőbevonat arányok alkalmazásának vizsgálatok a halhozamokhoz hasonlóan a legkedvezőbb vízminőséget, a legalacsonyabb szervesetlen nitrogéntartalmat a közepes sűrűségű (100 %) élőbevonat esetében kaptuk. Az élőbevonat alkalmazása nem

növelte az elsődleges termelés és társulás légzés intenzitását. 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.

A 3. kísérleti évben négy kísérleti egységben (310 m<sup>2</sup>) végeztem a kísérletet, ahol azonos volt a népesítés és az összes tőegység takarmányozva volt. Két halnevelő medencébe (extenzív rész), egy-egy ketrecet helyeztünk intenzív egységként (2db). Tavanként 300 kg szürke harcsát, a ketreces tavak extenzív részébe pedig 50 kg pontyot telepítettünk. Az elsődleges termelést és a társulás légzés mérését két módszerrel végeztük (sötét-világos palack módszerrel és az oxigéntartalom napi változásainak *in situ* mérésével). Az *in vitro* mérés és az *in situ* mérést is 24 órán keresztül, napnyugtától másnap napnyugtáig végeztem, hetente egy alkalommal. A vízfelszíntől számított 20, 50, 80 cm mélységben végeztem a méréseket. Továbbá vizsgáltam az oxigén koncentráció (O<sub>2</sub>%, mg/l), a pH, a vezetőképesség és a hőmérséklet változásait is. (K1, K2: kombinált tavak, T1, T2: intenzív tavak)

2. táblázat: Vízkémiai paraméterek vizsgálata különböző halnevelő egységekben (2013)

	K1	K2	T1	T2
<b>Vízkémiai paraméterek (mg/L)</b>				
TAN	2,23±1,54	3,02±2,19	1,56±1,10	1,28±0,85
NO <sub>2</sub> -N	0,26±0,15	0,20±0,08	0,34±0,27	0,34±0,23
NO <sub>3</sub> -N	0,95±0,81	0,94±0,98	1,21±0,52	1,43±0,81
TIN	2,76±1,42	3,37±1,92	2,59±1,05	2,58±1,16
TN	4,69±1,91	6,37±2,85	5,75±1,85	5,56±1,52
PO <sub>4</sub> -P	0,06±0,02	0,06±0,02	0,06±0,01	0,06±0,006
TP	0,23±0,09	0,32±0,15	0,38±0,19	0,35±0,12
KOI	47±15,60	60,53±16,75	71,40±22,28	64,46±16,43

(Forrás: Saját eredmények)

Az összes ammónia és nitrogén, az összes ásványi nitrogén és az összes nitrogén értékei a K2 kombinált kialakítású halnevelő tőegységben voltak a legnagyobbak. A legkisebb értékeket az összes ammóniára és nitrogénre és az összes szervesetlen nitrogénre a T2 intenzív tőegységben mértük, a legalacsonyabb összes nitrogén értékét pedig a K2 ketreces tóban.

*A halas elfolyóvíz létesített vizes élőhelyen való kezelése (wetland):*

A vizes élőhelyi rendszerekben a szennyezőanyag tartalom csökkentése természetes folyamatokon keresztül, megújuló energiaforrások felhasználásával történik. A létesített vizes élőhelyek fenntartható technológiák, mivel hatékonyak a szennyezések eltávolításában; minimális mennyiségű fosszilis energia és kémiai anyag szükséges a működésükhöz; az építési költségek alacsonyabbak, a működési és fenntartási költségek lényegesen alacsonyabbak, mint a mesterséges vízkezelő rendszerek esetében; jól illeszkednek a természeti környezetbe és a figyelemreméltó esztétikai értékük jobb társadalmi

elfogadottságot eredményez; a vizes élőhelyek létesítése segít megőrizni a ritka vizes élőhelyekhez kötött fajokat és hozzájárul a biodiverzitás fenntartásához.

Különböző vizes élőhely típusok összekapcsolásával, mint a stabilizációs tó, a halastó és a vízinövényes tó, a tápanyag eltávolítási hatékonyság növelhető, továbbá értékes fajok bevonásával a tápanyagok értékesíthető melléktermékké alakíthatóak. Nyílt vízfelszínű vagy tavas vizes élőhelyek alkalmazása során a következő tényezőket alapvető fontosságúak: jelentős a területigény, az éghajlati viszonyok befolyásolják a kezelési hatékonyságot (Forrás: [www.haki.hu](http://www.haki.hu)).

#### **4.3. Halas elfolyóvíz hasznosítása energiaültetvényekben**

A talaj-víz-növény ökoszisztémában a természetben lejátszódó fizikai, kémiai és biológiai folyamatok meghatározó jelentőségűek. A halas elfolyóvizek öntözéses hasznosítása mind mennyiségi mind pedig minőségi paramétereit figyelembe véve jelentős kutatási potenciált rejt magában. A víz kijuttatására számos öntözési mód alkalmazható, azonban a mikro-öntözési mód perspektivikus és egyben környezetkímélő és víztakarékos megoldás lehet a halas elfolyóvíz cseppenkénti vagy mikroszórófejes adagolása fás szárú energiaültetvények esetén. Hosszú távon azonban megfontolandó a különböző eredetű magas tápanyagtartalmú elfolyóvizek, tisztított szennyvizek energiaültetvényben történő hasznosítása is. Külön kiemelendő, hogy az így kialakított kísérleti tér alkalmas fitoremediációs eljárások tesztelésére is, ugyanis növények segítségével tisztíthatjuk meg a szennyvizet a szennyező és esetleges mérgező anyagoktól. A fitoremediáció néhány növényfaj azon különleges tulajdonságán alapszik, hogy a tápanyagokkal együtt felszív egyes talajszennyezőket, és anyagcseréjének megzavarása nélkül felhalmozza őket bizonyos szöveteiben, főként gyökereiben, szárában (törzsében) és kisebb mértékben leveleiben.

A lágyszárú és fás szárú energetikai növények biomassza termelésére várhatóan kedvező hatással lesz a többlet tápanyag felvétel, valamint a környezetterhelési értékek csökkentése is fontos szerephez juthat. A szennyvízöntözés a lassú beszívárogatás egy speciális fajtája, ahol a fő cél a növényzet vízzel és tápanyaggal való ellátása. A kísérlet során különböző szennyezőanyag eltávolítási mechanizmusok érvényesülhetnek:

- lebegőanyag: a talaj általi szűrés;
- nitrogén: növényi felvétel, ammónia volatilizáció, nitrifikáció/denitrifikáció;
- ammónium-ion: talajrészecskékhez kötődhetnek, ahol mikroorganizmusok nitrifikálják;
- foszfor: adszorpció, kiülepedés, növényi felvétel, ha a növényzet betakarítását rendszeresen végzik.

A tervezés során annak mérlegelése szükséges, hogy az egyes jellemző szennyező anyagok (például a szervesanyagok, a nitrogén, a foszfor, esetlegesen mérgező anyagok), milyen mértékű eltávolítására (fitoremediáció) és hasznosítására (energiaültetvény) van szükség az adott helyen, a talaj, talajvíz és a befogadó védelme érdekében. A kérdés megválaszolásához vizsgálni kell a helyi környezeti adottságokat, a környezeti elemek

(felszíni- és felszín alatti vizek, talaj, levegő) érzékenységi fokozatát, a környezeti elemek és a növényállomány terhelhetőségét.

A kísérleti tér beállítása minimum 2 kezelésben tervezhető, egyrészt halas elfolyóvíz öntözéses kiadagolása mellett, másrészt kontrollként tiszta vizet alkalmazva.

Jelenleg nincsenek elfogadott kritériumok és indikátorok, amelyek segítségével az energiaültetvények fenntarthatóságát jellemezni lehetne, ezért fás szárú energiaültetvények esetén a nemzetközileg elfogadott, erdőgazdálkodásra vonatkozó fenntarthatósági vizsgálat végezhető el, természetesen a helyi sajátosságok figyelembevételével. A következő területeket kell vizsgálni: természetvédelem és biodiverzitás; a talaj, valamint a vízbázis védelme; az energiaültetvény hatása a globális szén körforgásra; az ültetvénye produktivitása, valamint fogyasztó szervezetekkel szembeni ellenálló képessége; szociális előnyök és hasznok; stratégiai, valamint törvényi szabályozás (FLOYD, 2002).

### **5. Összegző megállapítások**

A víz, mint az egyik legfontosabb természeti értékünk több termelési folyamatban vesz részt, hisz természetes közegéből kivéve először a halastavakat töltjük fel, illetve a tenyészdíszak alatt pótoljuk a szivárgásból és a párolgásból eredő veszteségeket, majd a halnevelő tőegység elfolyó vizét (hígrágyáját) öntözővízként hasznosíthatjuk tovább. Tervezett kísérletben „intenzív” és „extenzív”, valamint „kombinált” halnevelő tavak elfolyó vizét használnánk fel a későbbi termelési folyamatok során. Önmagában a polikultúrás mesterséges tavak rendeltetés szerinti üzemeltetése során is elérhető a környezet terhelésének csökkentése, viszont további javulásokat lehetne elérni, az öntözővízzel együtt kijutatott járulékos tápanyagokkal, amelyet esetünkben lágy- és fás szárú energianövényekkel hasznosíthatnánk tovább, mellyel a befogadók terhelése tovább csökkenthető. Az időszertározás és vízkezelés egymással összehangolt folyamata valósul meg e termelési rendszer működése során, ahol haltenyésztés, halászat találkozik a növénytermesztéssel. A felhasznált vízmennyiség halgazdasági hasznosítása, kezelése létesített vizes élőhelyen, illetve a halnevelő telepek elfolyóvizének továbbhasznosítása energianövény termesztéssel további lehetőségekre generál. Az előállított biomassa (létesített vizes élőhely, energianövény termesztés) hasznosítását illetően egyrészt biomassa feldolgozó üzemekben (biogáz), másrészt lakossági (köz- és magánépületek fűtése), kertészeti (üvegház, fóliasátor) és állattartó telepek fűtését lehetne megoldani, így a víz gazdasági hasznosítása még inkább érvényesülne, illetve nem utolsó sorban a környezet terhelését minimalizálni lehetne. Kifejezetten javasolható és alkalmazható családi gazdaságokban. Várhatóan kedvező pályázási lehetőségek is adódnak, mind a halgazdálkodás, mind az energianövény termesztéséhez (egységes területalapú támogatás, nemzeti kiegészítő top-up támogatás, fiatal gazda pályázat, stb.) Azon túl, hogy az elvárt eredmények gyakorlati adaptációja további lehetőségeket is rejt magában (pl.: egyéb összetételű mezőgazdasági eredetű szennyvizek, tápoldatos öntözés csurgalékvíze, hígrágyák és nem utolsó sorban a települési tisztított szennyvizek öntözéses hasznosítása), a szennyvízöntözéses energiaültetvény kísérlet demonstrációs és oktatási feladatokat is elláthat. A tanulmányomban bemutatott kísérleti terv során, a tárolt víz elsődleges hasznosítása valósul meg halgazdálkodással, mindemellett felhasználható energia állítható elő multifunkcionális alkalmazással, melyben a haltenyésztés, a természetközeli vízkezelés és a növénytermesztés találkozik egymással.

## 6. Köszönetnyilvánítás

Ezúton szeretnék köszönetet mondani a szakmai konzultációkért Dr. Gál Dénes intézetigazgató úrnak (NAIK HAKI) és Bozán Csaba osztályvezető úrnak (NAIK ÖVKI).

## 7. Irodalomjegyzék

- APHA (1998): Standard methods for the examination of water and waste water. American Public Health Association, Washington D.C.
- 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.p., 201-242. p.
- BAI A. 2002. A biomassza felhasználása (szerkesztőként és társszerzőként). Szakkönyv. Szaktudás Kiadó Ház, Budapest. 230. p.
- BARÓTFI I. 2000. Környezettechnika. Mezőgazda Kiadó, Budapest. 220-643.p.
- DIAB S., KOCHBA M., MIREZ D., AVNIMELECH Y. 1992. Combined intensive extensive (CIE) pond system A: inorganic nitrogen transformations. *Aquaculture* 101: 33-39. p.
- 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.
- FLOYD DW. 2002. Forest sustainability: the history, the challenge, the promise. Durham, NC: The forest history society. 9-44. p.
- GÁL D. 2006. Környezetbarát, kombinált tavi haltermelő rendszerek fejlesztése. Doktori értekezés. Debreceni Egyetem. 149 p.
- GONCZLIK A., KAZAI ZS., KÖRÖS G. 2005. Új utak a mezőgazdaságban, Az energetikai célú növénytermesztés lehetősége az Alföldön, Energia Klub Környezetvédelmi Egyesület, Budapest. 9.-61. p.
- HANZ CS. 2000. Haltakarmányozás. In: Halbiológiai és haltenyésztés. Szerk: HORVÁTH L., Mezőgazdasági Kiadó Budapest. 276-294. p.
- HANZ CS. 2007. Haltenyésztés, Egyetemi Jegyzet, Kaposvári Egyetem. 15-38. p.
- HOFMANN K. 1996. The role of plants in subsurface flow constructed wetlands. In Entier, C.&B. Gusterstam (eds.), *Ecological Engineering for Wastewater Treatment*, Lewis Publishers, Boca Raton: 151-157. p.
- KEREPECKI É., GÁL D., PEKÁR F. 2002. Kombinált halastó-wetland vízkezelő rendszer működésének tapasztalatai. XXVI. Halászati Tudományos Tanácskozás, Szarvas, 2002. Május 10-13., 10-28. p.
- KESTEMONT P. 1995. Different system of carp production and their impacts on the environment. *Aquaculture*. 129. p., 347-372. p.
- KISS I. 2001. A tápanyaggazdálkodás javításának hagyományos és új alternatívái, különös tekintettel a helyspecifikus műtrágyázásra. *Agrofórum*. 12 (7): 17-21. p.
- KOVÁCS GY., OLÁH J. 1984. Silver Carp (*Hypophthalmichthys molitrix* VAL.) dominated domestic sewage oxidation fish pond technology. *Aquacultura Hungarica*, 4: 149-155. p.
- LÁNG I. (főszerk.) 2002. Környezet- és természetvédelmi lexikon. I-II. köt., Akadémiai Kiadó, Budapest. 19-67. p.
- LUEDERITZ V., E. ECKERT, M. LANGE-WEBER, A. LANGE and R. M. Gersberg 2001. Nutrient removal efficiency and resource economics of vertical flow and horizontal flow constructed wetlands. *Ecol. Eng.* 18: 157-171. p.
- MOLNÁR T. 2004. Termesztett Graminae és Helianthus fajok, valamint gyorsan növő fajok felhasználása a megújuló energiatermelés fejlesztésében. (Szakdolgozat – Budapesti Corvinus Egyetem (BKÁE) Kertészettudományi kar, Budapest).
- NÉMETH J. 1998. A biológiai vízminősítés módszerei. *KGI, Vízi természet- és Környezetvédelem* 7. 304. p.
- OLÁH J., SHARANGI N., Datta, N.C. 1986. City sewage ponds in Hungary and India. *Aquaculture*, 54: 129-134. p.
- PINTÉR K. 2010. Magyarország halászata 2009-ben. *Halászat* 103(2): 43-48. p.

- PONYI J.E, BÍRÓ P., P-ZÁNKAI N., OLÁH J., TAMÁS G., CSENKEI T., KISS GY. MORVAI T. 1974. Limnological investigation of a fish-pond supplied with sewage-water in the vicinity of Lake Balaton II. *Annal. Biol. Tihany*, 41: 235-288. p.
- REDDY K.R. 1983. Vízkezelés vízi ökoszisztémával: tározókkal és elárasztott mezőkkel való tápanyag-eltávolítás. *Environmental Management*. 16-43. p.
- SOMLYÓDI L. 1989. Modellezés a vízminőség-szabályozásban. In: Katona E. (szerk.): A vízminőség-szabályozás kézikönyve. Aqua Kiadó, Budapest. 96-169. p.
- TASNÁDI R. 1983. Haltakarmányozás. Mezőgazdasági kiadó, Budapest. 307. p.
- TÓTH Á. 2006. A XXI. század öntözőrendszerei, *VisionMaster Stúdió*, 5-17. p.
- WOYNÁROVICH E. 2005. Halastavak szerves trágyázása, a szén-trágyázási módszer. *Halászat*. 98. 2. 3 sz. melléklet. 12. p.

**Internetes források:**

1. <http://www.naik.hu/hu/kutato-i-utanpotlast-elosegito-program/2-uncategorised/147-naik-ontozesi-es-vizgazdalkodasi-onallo-kutatasi-osztaly-1.html>
2. [http://www.haki.hu/tartalom/SUSTAIN0906/SustainAqua%20handbook\\_HU.pdf](http://www.haki.hu/tartalom/SUSTAIN0906/SustainAqua%20handbook_HU.pdf)