

# LÉTFENNTARTÓ (LSS) RENDSZEREK AZ AKVARISZTIKÁBAN

## LIFE SUPPORT SYSTEMS (LSS) IN THE AQUARISTICS

DORKOTA ANDREA – HORVÁTH MÁRK KÁLMÁN  
dorkota.andrea@phd.uni-mate.hu

### Összefoglalás

*Jelen kéziratban az akvarisztikában jelentős szerepet játszó létfenntartó (LSS) rendszerek kerülnek részletes vizsgálat alá; bemutatom a rendszerben szerepet játszó gépészeti egységeket, a technológiai sor felépítését, valamint a kutatás során végzett mérések eredményeit és azok kiértékelését. Ilyen rendszerek kialakítására nem csak a szórakoztatás céljából létesített tengervizes medencék esetében van szükség, hanem jelentős szerepet töltenek be a sérült, valamint védett fajok mesterséges körülmények között történő gondozásakor. A vízi élőlények mesterséges körülmények között történő tartása igen kényes területnek számít. Axiomaként jelenthető ki, hogy természetes közegben az élőlények rendelkezésére áll minden olyan környezeti adottság – mind kémiai, mind biológiai, mind fizikai tekintetben –, melyre szükségük van az elemi életfunkciók fenntartásához, illetve a reprodukcióhoz. A mesterséges állattartás esetén ezeket a természeti adottságokat sok esetben csak korlátozottan lehet biztosítani számukra. Ezzel az a legnagyobb probléma, hogy az állatok jólléte onnantól kezdve, hogy bekerülnek egy ilyen rendszerbe, az emberi döntésektől függ. Az ily módon létrejövő függés hatalmas felelősséget jelent a gondozók számára.*

**Kulcsszavak:** akvarisztika, mesterséges tengervíz, homokszűrő, fehérjelehabzó, biológiai szűrő  
**Jelkód:** Q01, Q25, Q53, Q56

### Abstract

*In this manuscript, life support systems (LSS), which play a major role in aquaculture, are examined in detail; the mechanical units involved, the design of the technology suite, and the results of the measurements and their evaluation during the research are presented. Such systems are not only required for recreational marine pools, but also play an important role in the management of endangered and protected species under artificial conditions. Keeping aquatic organisms in artificial conditions is a very sensitive area. It is axiomatic that in natural environments, organisms have all the environmental conditions - chemical, biological and physical - that they need to maintain their basic life functions and reproduce. In the case of artificial animal husbandry, these natural conditions are often limited. The biggest problem with this is that the well-being of animals depends on human decisions from the moment they enter such a system. This dependency creates a huge responsibility for caretakers.*

**Keywords:** aquaristics, artificial seawater, sand filter, protein skimmer, biological filter

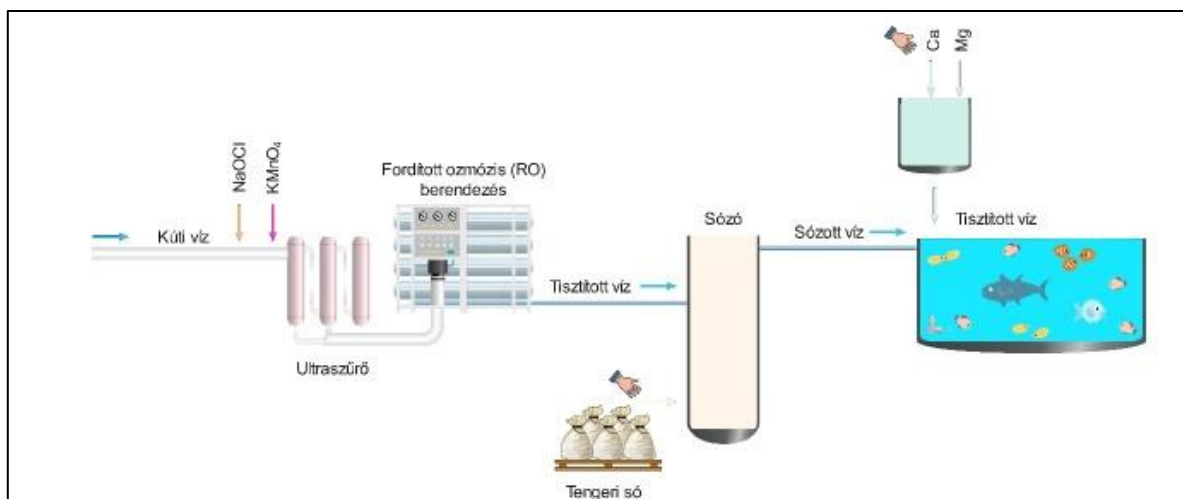
## Bevezetés

A természeti adottságainkat tekintve igen szűkösek az édesvízkészleteink. Ezek felhasználása azonban elengedhetetlen a mindennapi életvitelünkhöz, a szórakozáshoz és az egyéb szolgáltatások biztosításához. Mivel az nem reális elvárás, hogy nullára redukáljuk a vízfelhasználásunkat, ezért különös figyelmet kell fordítani arra, hogy mind az iparban, mind a víz- és szennyvízkezelő telepeken, mind a szolgáltatás oldalon olyan rendszerek kerüljenek kialakításra, melyek optimális méretezéssel rendelkeznek és az elérhető legmodernebb technológiákat alkalmazzák, így a vízfelhasználás minimalizálására törekcsenek. Napjaink egyik legnagyobb problémája a nem megfelelő vízkészletgazdálkodás, mely általában visszavezethető a rossz technológia alkalmazására. Számos esetben elavult vagy meghibásodott rendszerek okoznak olyan mértékű problémát, mellyel jelentősen megnövekszik a vízfelhasználás mértéke. Előfordul olyan is, hogy egy alul-/túlméretezett rendszer vagy épp egy hibásan kialakított vegyszeradagolás miatt nem tudja az adott létesítmény teljesíteni a kívánt paramétereket. Az említett tényezők olyan mértékben befolyásolják a mindennapjainkat, hogy elengedhetetlen komolyan foglalkozni a témával. Jelen írásban olyan speciális környezettechnikai komponensek kerülnek bemutatásra, melyek a mesterséges vízi élőhelyek víz- és szennyvízkezelésében töltenek be kiemelkedő szerepet. A medencék kialakítása szempontjából megkülönböztetünk töltő-ürítő, szűrő-forgató és létfenntartó (LSS) rendszereket; mivel a két előbbi technológia jól ismert elvek alapján üzemel, így azok nem kerülnek részletes kidolgozásra. (ÖLLŐS, 1998; REYNOLDS – RICHARDS, 1996)

### Vízigény

A tárgyalt vízi létesítmények egy nap alatt is hatalmas mennyiségű vizet emésztnek fel. E vízmennyiség alapvetően az állatok tartásából adódik, melyhez hozzáadódik a párolgás, a szivattyúk által elszívott víz visszapótlásának mennyisége, a szűrők öblítésének mértéke, illetve az állatok egyéb igényeinek kielégítése. A megfogalmazott mennyiséget (mely napi szinten lehet 600 m<sup>3</sup> vagy épp 12 000 m<sup>3</sup>) az előállítás és a kibocsátás tekintetében szükséges vizsgálni. Sósvízes környezetben tartott állatok esetében az elvezetett vizeket még akkor is elő kell kezelni, ha nem kerül újrafelhasználásra. Adott annak lehetőség, hogy ezek a vizek a csatornahálózatba kerüljenek bekötésre, ez esetben eleget kell tenni a *Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium 28/2004 (XII. 25.) KvVM. rendelet*-ben foglaltaknak. A rendelet 4. sz. melléklete alapján a közcsatornába vezethető víz összes sótartalmának a küszöbértéke 2500 mg/l. A mesterséges tengervíz összes sótartalma jellemzően 25 000 – 35 000 mg/l, ami azt jelenti, hogy az előírt határérték megfeleléséhez tíz-, tizennégyszeres koncentráció csökkentést kell elérni.

A második jelentős vízmennyiségi problémát az öblítővíz okozza. Ennek egyik igen jól működő megoldása az öblítővíz hasznosító rendszerek telepítése. Az öblítővíz újrahasonosító rendszert BWR-nak is szokás jelölni, mely a Back Wash Recovery mozaikszava. Ekkor a szűrőberendezések visszamosó vize elvezetés helyett külön tározóba (pl. I. tározó) kerül összegyűjtésre. Ezt követően fehérjelehabzóval történő kezeléscn esik át, majd egy másik tározóba (pl. II. tározó) kerül. Innen egy szivattyú juttatja a vizet a mechanikai szűrőhöz, amin keresztúláramoltatva az folyamatosan tisztul. Egy speciális fertőtlenítő mechanizmus is beépítésre kerül; a vizet egy ózon reaktor fertőtleníti és juttatja friss oxigénhez, majd egy UV berendezés csíramentesíti. Végül az ily módon kezelt víz újrafelhasználhatóvá válik.



**1. ábra: Kútból érkező tápvíz és sósvízi medence kapcsolatának sematikus ábrája / Figure 1: Schematic diagram of the relationship between feed water from a well and a saltwater basin** Forrás: Saját illusztráció

### **Medencék feltöltése**

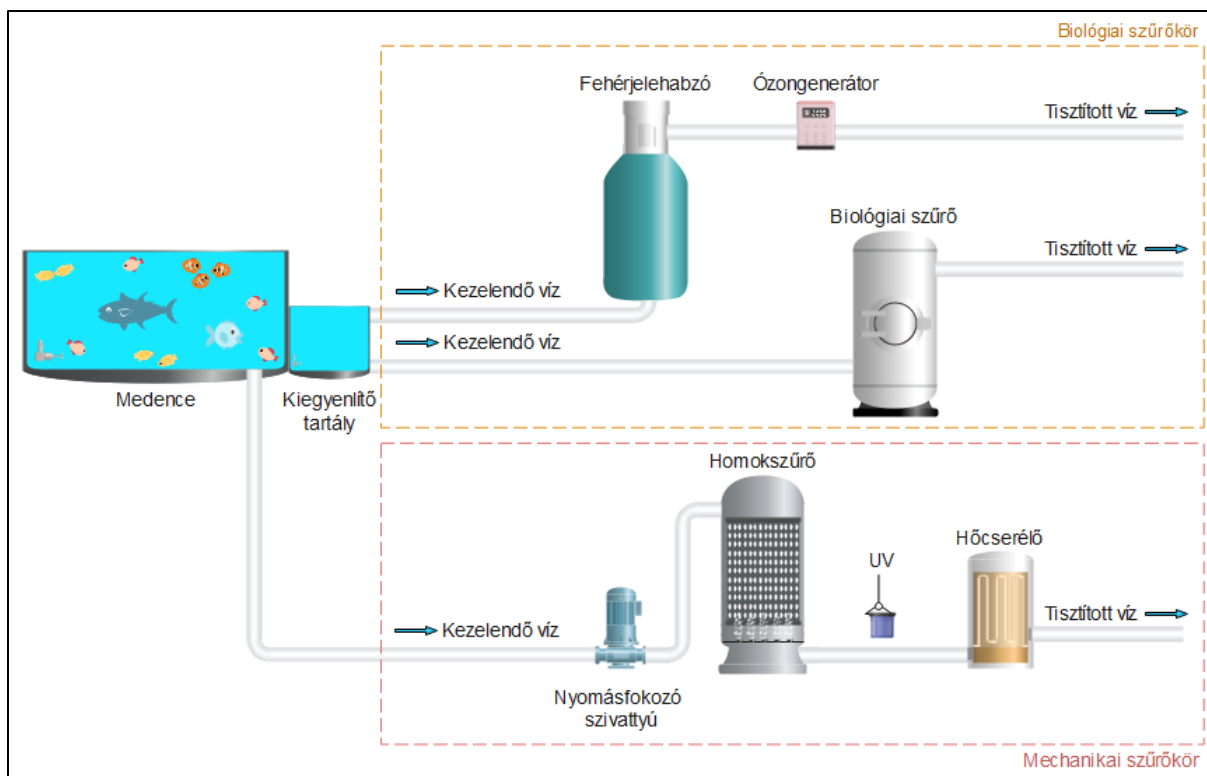
A mesterséges tengervíz előállításának alapja az édesvíz; így a medencék feltöltéséhez szükséges víz előállítás során arra kell törekedni, hogy minimális legyen a hálózati víz felhasználás. Ennek alapvető oka az ivóvíznek szánt víz alkalmazásának mérséklése. Helyette különféle alternatívák hasznosítását kell számításba venni; ilyen lehet a fűt kutakból kitermelt víz, vagy akár bizonyos technológiák hűtő vizeinek alkalmazása. Az igényelt víz előállítása során viszont hasonlóan kell eljárni, mint az ivóvíznek szánt víz tisztítása során (1. ábra).

### **Vízkezelés**

A valódi vízkezelés csak a medencék feltöltését követően kezdődik meg igazán. A kevésbé érzékeny egyedek medencéi szűrő-forgató, vagyis nyomottvizes rendszerrel kerülnek kialakításra. Ezzel szemben a vízminőségi paraméterekre sokkal érzékenyebb egyedek tartása a létfenntartó rendszerek kialakítását követelik meg.

Az adott állatfajokat a biológiai igényeikből fakadóan szükséges kiszorgálni; ebből adódóan a medencék vizei igen különbözőek. Mivel egészen más típusú terhelést jelentenek, eltérő kezelést és gépészetet igényelnek. Az állatok alól kikerülő víz nem tekinthető igazán szennyvíznek, csupán szennyezett víznek. A kezelésük során azonban mégis inkább a különféle szennyvíztisztítási technológiák kerülnek alkalmazásra. A következőkben az állatok medencéinek vízkezelését, illetve a medencékből kikerülő szennyezett vizek kezelését veszem alapos vizsgálat alá.

A létfenntartó (LSS) rendszerek a nyomottvizes és a nyíltszűrős rendszerek kombinálásával kerülnek kialakításra (2. ábra). Ez két alapvető működési mechanizmus; melyet akár mechanikai és biológiai szűrőkörnek is lehet nevezni (MUCSI, 2020). Amíg a nyomottvizes rendszer arra szolgál, hogy mechanikailag tisztítja a vizet, addig a nyíltszűrős rendszer a víz paramétereit, kémiai összetételét javítja. Ilyen vízgépészeti kialakítását igényel például a cápa- és rájatarlás.

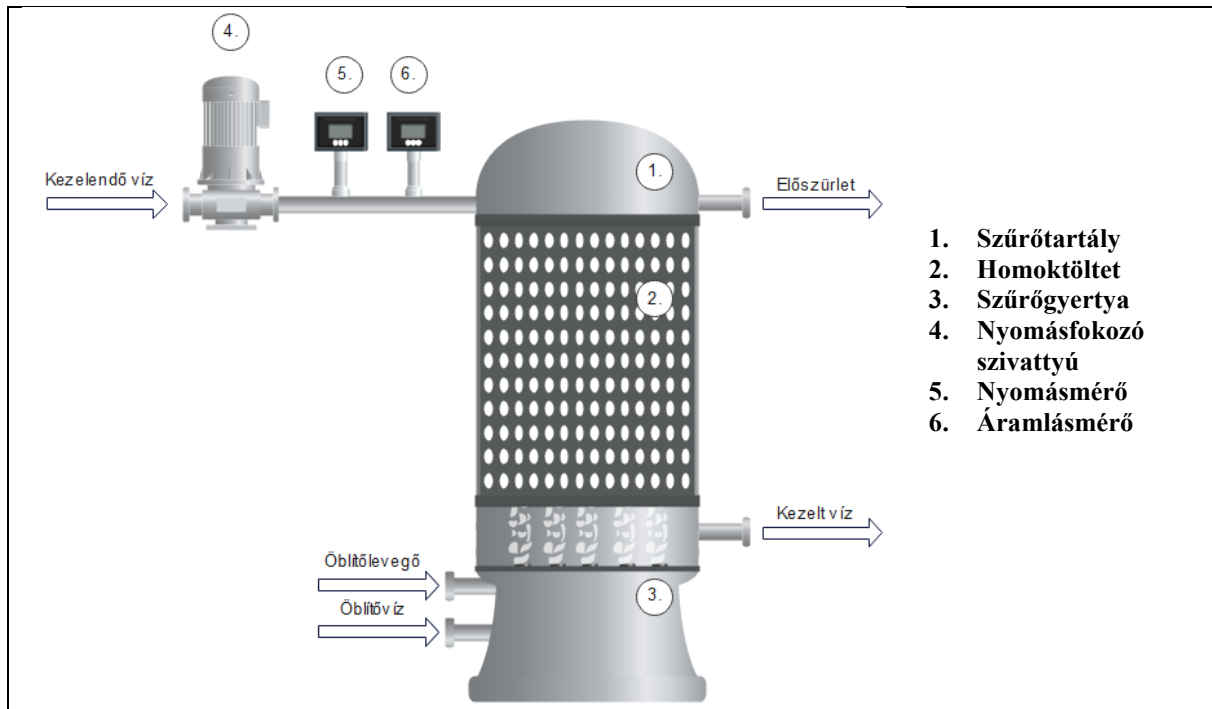


**2. ábra: Létfenntartó (LSS) rendszer sematikus ábrája / Figure 2: Schematic diagram of a life support system (LSS)** Forrás: MUCSI (2020) alapján saját illusztráció

A megfelelő vízkémiai paraméterek biztosításán kívül egy másik igen fontos pontja a mesterséges állattartásnak a pangóvízes térrészek kialakulásának megakadályozására. Abban az esetben, ha a medencékben holtterek alakulnak, megkezdődhetnek az eutrofizációs folyamatok vagy felszaporodhatnak a nem kívánt baktériumok, melyek a víz minőségromlását, valamint az oxigénháztartás felborulását idézik elő. Ezzel párhuzamosan pedig az állatok megbetegedéséhez, esetlegesen pusztulásához vezethet az említett folyamat. Annak érdekében, hogy se a nyomottvízes, se az LSS rendszerek medenceterében ne alakuljanak ki pangóvízes részek, biztosítani kell a víz folyamatos áramoltatását. Az említett probléma elkerülése érdekében plusz műszaki berendezés közbeiktatására van szükség, ilyen például a vízforgató berendezés, illetve a medence alján elhelyezett búvárkeverő vagy szeparátor szivattyú, valamint a víz felső rétegének körkörös áramoltatásáért felelős befúvó. Emellett arra is van példa, hogy nagyobb medencék esetében a méretből adódó nyomáskülönbséget használják ki a víz forgatásához, mely már pozitív energetikai szempontokat is magába foglal.

### **Homokszűrő**

A homokszűrők jellemzően a gyorszűrők csoportjába sorolhatóak, viszont a lassúszűrők között is megtalálhatóak. Fizikai szempontok tekintetében a gyorszűrési technológia további két nagy csoportba osztható, nyílt és zárt szűrőre (MUYA, 2024). Azonban az akvarisztikai vízkezelés során gyakori probléma a helyhiány, így minden esetben zárt szűrőket alkalmaznak (3. ábra). Ehhez a mechanikai szűrőhöz régen homoktöltetet használtak, napjainkban viszont inkább törtüveget alkalmaznak (minimum 1000 mm magasan) (http4), így nagyobb felületen válik lehetővé a nem oldott szerves és szervetlen szennyeződések, kolloid állapotú anyagok megkötése. A szűrés során felhalmozódott szennyezőket rendszeres visszaöblítéssel kell eltávolítani, amely gyakorisága alapvetően meghatározza a vízforgalmat.



**3. ábra: Homokszűrő sematikus ábrája / Figure 3: Schematic diagram of a sand filter**  
 Forrás: Saját illusztráció

Homokszűrés során a durva, nagyobb szemcsés szennyeződések felfogása történik, de akár a fertőtlenítéssel szemben rezisztens patogének ellen is hatásos (ÖLLŐS, 1998). Másfelől a mechanikai tisztítással párhuzamosan biológiai, valamint kémiai (adszorpciós, oxidációs, redukciós) folyamatok is lejátszódnak. A homokszűrő alapvetően a szerves szennyeződések felgyűjtését végzi, míg a szűrést megelőző vagy azzal egyidőben lejátszó oxidáció az oldott szerves szennyezőket távolítja el. Előbbire példa a vas (Fe) és a mangán (Mn), míg utóbbira az ammónium-ion ( $\text{NH}_4^+$ ). A homokszűrő döntően a fizikai tisztítást végzi, ugyanis elsősorban szűrőként üzemel; csak másodsorban feleltethető meg biológiai tisztításnak, a rajta kialakuló biofilm réteg miatt.

A homokszűrők esetében nem lehet egy konkrét értéket meghatározni a kiszűrhető szennyezések méretére. A szűrőtöltet típusától függően a szűrési szintek eltérőek lehetnek és csak pontos típusal határozható meg a felfogható mérettartomány. Általános elvként viszont megállapítható, hogy a homokszűrő a szűrőközeg jellemző szemcseméreténél 6–7-szer kisebb szemcseátmérőjű szennyeződés kiszűrésére képes (amennyiben homoktöltetről van szó, és a szemcséket szabályos gömbnek feleltetjük meg). A szűrési sebességet illetően, mindig a lamináris tartományban kell tartani az áramlást; így ennek értéke 10–15 m/h között kell mozogjon. (TOLNAI, 2015).

Az idő előrehaladtával a felfogott szennyezések képesek eltömíteni a szűrőréteget. Ezt a szűrőellenállás mérésével lehet lekövetni; ha megnövekszik az ellenállás értéke, akkor időszzerű a szűrőréteg öblítése. Visszamosás során a szűrő ellenirányú öblítése történik, ekkor a felfogott szennyeződés lemosásra kerül a homoktöltet szemcséiről. A visszamosásnál használt öblítési sebesség a szűrési sebesség 3–4-szeres értékének felel meg. A megnövelt áramlási sebesség révén a visszamosás már turbulens tartományban lesz, mely hatására a szemcsék is megrezegnek, növelve az öblítés hatáskörét (TOLNAI, 2015). A homokszűrők visszamosása 3 fázisban történhet; vízzel, levegővel vagy kombináltan vízzel és levegővel. Az öblítés kezdődhet egy előre meghatározott időtartam után vagy ha megnő a szűrőkön a hidraulikai ellenállás, és a ráfolyó nyersvíz térfogatárama egy beállított érték alá csökken. Kritikus esetben soron kívüli öblítést a kezelő is indíthat. Viszont a megfelelő hatásmechanizmus fenntartása

érdekében a visszamosás javasolt periódusideje 24 óra. A visszamosás időtartalma jellemzően 2 és 10 perc között határozható meg. A visszamosási vízfogyasztás mértéke a visszamosás gyakorisága, áramlási sebessége és időtartalma alapján adódik össze. Végül az öblítés befejeztével rövid ideig előszűrlet elvétel történik.

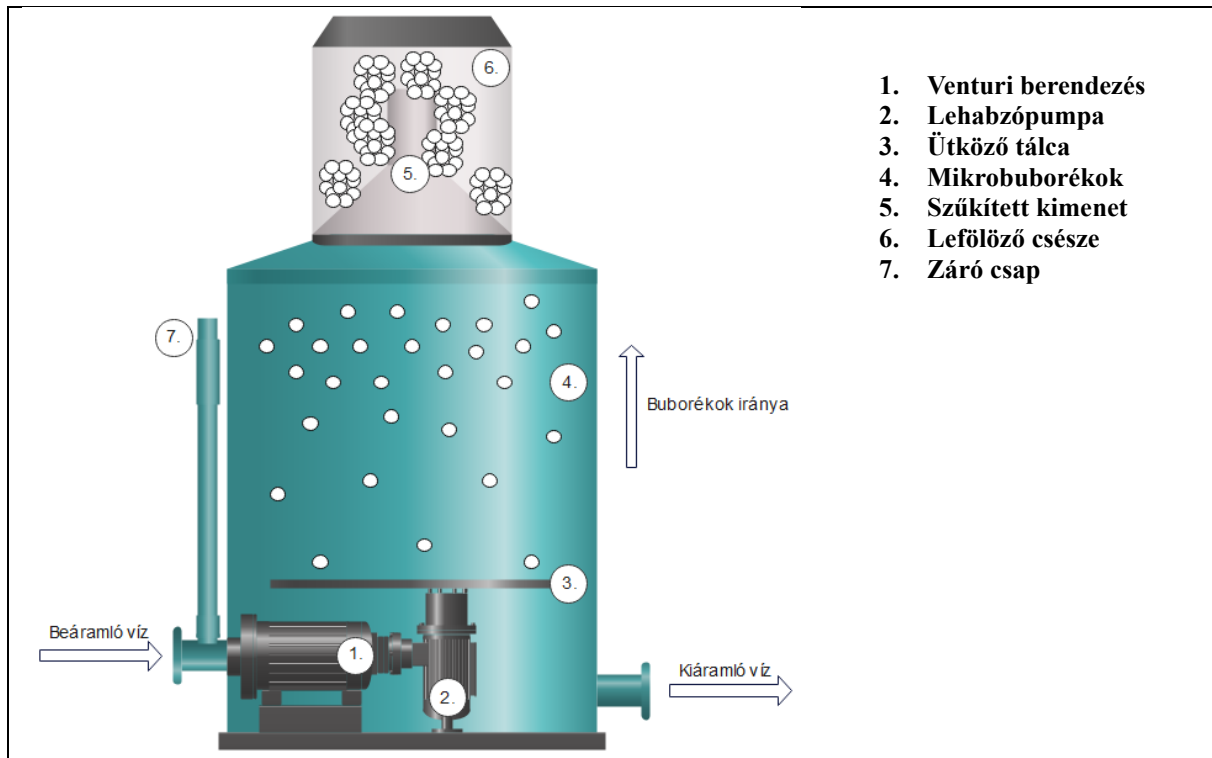
**1. táblázat: Homokszűrő előnyei és hátrányai / Table 1: Advantages and disadvantages of sand filters**

Előnyök	Hátrányok
<ul style="list-style-type: none"> <li>+ Telepítéskor alacsony kezdeti beruházásra van szükség (PWT, 2024).</li> <li>+ Magas hatásfokkal üzemel (PWT, 2024).</li> <li>+ Hatékonyan fogja fel a lebegő részecskéket, szerves anyagokat, illetve csökkenti a baktériumok, vírusok számát (PWT, 2024).</li> <li>+ A szuszpendált anyagok esetében 99,99% hatásfokot is képes elérni (EMIS, 2010).</li> <li>+ Többrétegű szűrés jellemzi az eltérő homokszemcsék miatt (PWT, 2024).</li> <li>+ Egyszerre nagy mennyiséget kezel (PWT, 2024). Robosztus konstrukció, így tartós és hosszú élettartam jellemzi.</li> <li>+ Egyszerűen üzemeltethető (PWT, 2024).</li> <li>+ Jól szabályozható rendszer (PWT, 2024).</li> <li>+ Minimális energiafelhasználás jellemzi, mivel a gravitációs és a természetes szűrési folyamatok a jelentősek (PWT, 2024).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Sok helyet foglal; a nyílt rendszerek kiterjedtek, de a zárt szűrőtartályok mérete is jelentős (MUYA, 2024).</li> <li>– A hatásfok fenntartása érdekében javasolt a szűrőtöltetet 5-8 évente cserélni, de ez költségtöbbletet eredményez (http4).</li> <li>– A homokszűrő előtt szükség lehet plusz vegyszer adagolására, mely költséges és szakmai tudást igényel.</li> <li>– Képesek eltömődni, így rendszeres visszamosást igényel, de ez energia- és időigényes (MUYA, 2024).</li> <li>– A mikroorganizmusokat (vírusok, baktériumok stb.) korlátozottan távolítja el, sőt elszaporodásuk helyszínét adhatja, így szükséges plusz egység kiépítése, mely a mikroorganizmusok eltávolításáért felel pl: biológiai szűrő, UV, ózon (MUYA, 2024).</li> </ul>

### ***Fehérjelehabzó***

A tisztítási sor következő lépése a fehérjelehabzóval történő kezelés (4. ábra). A fehérjelehabzó hazánkban nem olyan közismert berendezés, pedig jelentős szerepet tölt be a vízisztítási folyamatokban. Annak oka, hogy nem terjedt el a köztudatban az, hogy a fehérjelehabzót csak sósvizek kezelésénél lehet alkalmazni. Külföldön – óceán/ tenger közeli régiókban – régóta jelent problémát a vízhiány, így szükségesszerű volt alternatív tisztítási módszerek kifejlesztése; ezek közé tartozik a fehérjelehabzó is. Ennek ellenére nem az ivóvízelőállítás legelterjedtebb alkalmazási módszere, hanem az akvarisztikában tölt be jelentős szerepet. Így máris közelebb tudhatjuk magunkhoz, hiszen Magyarországon is egyre több olyan szórakoztatóközpont létesül, ahol sósvízi élőlényeket tartanak mesterséges körülmények között.

A sósvizek jellemzője, hogy képes habzani, mely a magas sótartalomnak és sűrűségének köszönhető. Ezt kihasználva került kialakításra a fehérjelehabzó berendezés is mely szintén a mechanikai szűrők közé sorolható. A lefőlöző szivattyúk által gerjesztett parányi légbuborékok sűrű habot képeznek, mindez egy hengeres oszlopban felfejlődve történik. A buborékok magukhoz vonzzák a hidofil szerves anyagokat. A képződött habon csapódik ki a fehérje, a szerves anyag és a maradék szennyeződés; ezek jelenléte és mértéke a hab elszíneződésén is láthatóvá válik. A buborékok kezdetben aprók, majd egyre nagyobb buborékokká fejlődnek, mely a felemelkedés alapja lesz. A felhalmozódott és felfejlődött habtest a hengeres kialakítást túlnöve a lefőlöző csészébe gyűlik össze – ami egy túlfolyóként funkcionál–, ahol kézi eltávolítás vagy visszamosás útján válik eltávolíthatóvá (FARNSWORTH, 2023).



**4. ábra: Fehérjelehabzó sematikus ábrája / Figure 4: Schematic diagram of a protein skimmer** Forrás: Saját illusztráció

A fehérjelehabzó végső soron a fehérje és a szerves anyagok leválasztásáért felel. Továbbá a nitrát- és a foszfát-koncentráció mérséklésében is jelentős szerepet tölt be, ezzel redukálva az eutrofizáció és algásodás kialakulásának esélyét. A nitrát és a foszfát koncentráció mérséklése a homokszűrők periódusidejének növekedését eredményezi, így ritkább visszamosást és szűrőkarbantartást biztosít (FARNSWORTH, 2023).

Míneközben a víz megfelelő levegőztetése is végbemegy, javítva a medence oldott oxigén tartalmát, fenntartva az állatok jóllétéhez szükséges körülményeket. Az apró légbuborékok hatalmas felülettel rendelkeznek, ezért a gázcsere folyamatok magas hatásfokon játszódnak le. Így biztosítva a medence vizének szén-dioxid ( $\text{CO}_2$ ) és oxigén ( $\text{O}_2$ ) tartalmának megfelelő arányát; hiszen a gázcsere folyamat során a szén-dioxid ( $\text{CO}_2$ ) kioldódik, míg az oxigén ( $\text{O}_2$ ) beoldódik a vízbe (FARNSWORTH, 2023). A vázolt folyamattal párhuzamosan csökken a szén-sav koncentrációja is, mely egy magasabb pH értéket eredményez a medencében. Így játszik jelentős szerepet a fehérjelehabzó a víz pH értékének stabilizálásában (LAA, 2017).

Azokban az akváriumokban, ahol telepített növények is jelen vannak, tannin mérhető a vízben. A tannin vagy digalluszsav – közismertebb neve a csersav –, mely egy növényi eredetű, tehát organikus vegyület. Ugyan a tannin a borászatban igen magasztos szerepet tölt be, de az akvarisztikában ez okozza a vizek sárga elszíneződését (http7). Ezek alapján könnyen megállapítható, hogy a csersav nem kívánatos színezőpigment a medencetérben. Jelenléte a vízoszlop fényáteresztési kapacitását redukálja, csökkentve az állatok jóllétét képző körülményeket. A fehérjelehabzó e pigmentek eltávolítását is magas hatásfokkal képes véghez vinni (FARNSWORTH, 2023).

**2. táblázat: Fehérjelehabzó előnyei és hátrányai / Table 2: Advantages and disadvantages of protein labelling**

Előnyök	Hátrányok
<ul style="list-style-type: none"> <li>+ Könnyen kezelhető, automatizált rendszer (FTW, 2019).</li> <li>+ Hatékonyan távolítja el a vízben mérhető szennyeződések (szerves anyag, fehérje, szénhidrát, olaj, aminosav, el nem fogyasztott táplálék, halhulladék) (FTW, 2019).</li> <li>+ Segít megelőzni az ammónium és nitrit felhalmozódást (FTW, 2019).</li> <li>+ Hatékonyan szabályozza az akvárium foszfát és nitrátszintjét, kiegyensúlyozott ökoszisztémát eredményezve (FTW, 2019).</li> <li>+ Javítja a víz tisztaságát (színezőpigmentek felfogásával); fokozva a fény behatolását, biztosítva a természetes fotoszintetizációt (FTW, 2019).</li> <li>+ Gázcsere folyamatokkal biztosítja az ideális oxigénellátottságot (növekedés és vitalitás alapja) (FTW, 2019).</li> <li>+ Stabilizálja a medence pH értékét azzal, hogy képes eltávolítani a vízből az oldott szén-dioxidot (CO<sub>2</sub>) (LAA, 2017).</li> <li>+ Képes más módszerekkel együttműködni (ózungenerátor), ekkor reakciókamraként üzemel (FARNSWORTH, 2023).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fontos a megfelelő méretezése, hogy hatékonyan kezelje a terhelést. Ha alulméretezett a rendszer, akkor a biológia nem képes elbánni a terheléssel. Ha túlméretezett a rendszer, olyan mértékben megtisztítja a vizet, hogy a szükséges tápanyagok is eltávolításra kerülnek (SPENCER, 2023).</li> <li>- Karbantartás és tisztítás igényes (http6)</li> <li>- Sok mozgó alkatrészt tartalmaz, mely növeli a meghibásodás kockázatát (http6)</li> <li>- A hasznos mikroorganizmusokat és nyomelemeket is eltávolítja (pl: egyes baktériumok, fitoplanktonok, tápanyagok), tápanyag szegény környezet alakulhat ki; ezzel az egyedek növekedése és egészsége kerül veszélybe (NTLABS, 2014).</li> <li>- Néhány fajnak nem kedvez a lehabzó által biztosított pH és oldott oxigén koncentráció (FISHLORE, 2019).</li> <li>- Koralloknak nem kedvez a rendszer (http6).</li> </ul>

Érdekesség, hogy a fehérjelehabzó egyes adalékanyagok, illetve egyes gyógyszerek és gyógyszermaradványok eltávolítására is képes. Ezt akkor fontos figyelembe venni, amikor az akváriumban tartott példányok gyógyszeres kezelés alatt állnak (FARNSWORTH, 2022).

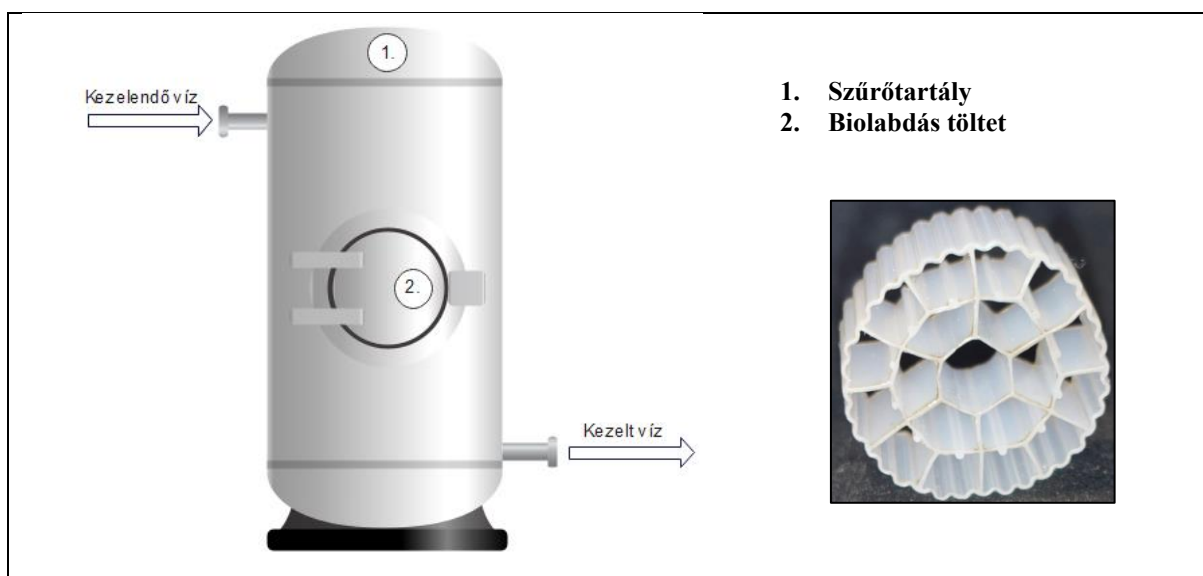
A fehérjelehabzók körében három eltérő típust különböztetünk meg. Első az akasztható fehérjelehabzó (HOB), ez esetben az akvárium hátsó vagy oldalsó faláról kerül besüllyesztésre. Második a külső (reirkulációs) fehérjelehabzó, ezeket a medencéken kívül lehet elhelyezni, nincs szükség alámerítésre. Itt viszont biztosítani kell kettő darab szivattyú üzemeltetését; egyik a tápszivattyú, mely a medencéből a vizet a lehabzóba irányítja, míg a másik a recirkulációs szivattyú, mely a habképzéshez szükséges. Harmadik a belső fehérjelehabzó, ez esetben a berendezéseket teljes egészében bele kell meríteni a medencébe. Itt viszont már csak egy szivattyú üzemel, mely egy venturi berendezés, ami a levegő és a víz keveréséért felel (FARNSWORTH, 2022).

A fehérjelehabzó önmagában is egy meglehetősen jó hatásfokkal működő víztisztító berendezés, de más technológiai egységekkel kombinálva kölcsönösen javul az eredményesség. Például a biológiai szűrők tehermentesítésében is jelentős szerepet játszik, ugyanis ebben a technológiai egységben hab formájában válnak leválaszthatóvá azok a szennyeződések, melyek lebontásáról a mikroorganizmusoknak kéne felelniük. Így kerül biztosításra a biológiai szűrők túlterheltségének elkerülése, illetve ezzel párhuzamosan számos további előnyös folyamat lejátszódása is helyt kap. Lehetőség van arra is, hogy ózungenerátorral kerüljön párosításra; ez esetben a lefölvő tér az ózongáz számára reakciókamrává válik és hatékonyan oxidálja a vízben lévő szennyezőket (FARNSWORTH, 2023).



### ***Biológiai szűrő***

Míg a homokszűrés tartozhat a gyors és lassú szűrők közé is, addig a biológiai szűrő csak a lassú szűrők része lehet. A szűrési sebességet tulajdonképpen a biológiai folyamatokkal lehet párhuzamba állítani. Gyorsszűrésnél a sebességi viszonyok miatt a mikrobiológia nem képes letelepedni és hatékony rendszert alkotni. A lassú szűrés esetében pedig már olyanok az áramlási viszonyok, hogy a mikrobiológia megtelepszik a felületen és aktív biofilm réteget képez. A homokszűrés azért tartozhat a gyors és a lassú szűrők közé hiszen, ha kedvezőek az áramlási viszonyok, akkor a mikrobiológia a homokon is képes hatásos biofilm réteget képezni.



**5. ábra: Biológiai szűrő sematikus ábrája / Figure 5: Schematic diagram of a biological filter** Forrás: Saját illusztráció

A szűrőrendszerek alapvetően fizikai módszerek – ha csak szűrési funkciót töltenek be – vagy kémiai módszerek – ha elsősorban adszorpciós folyamatok játszódnak le –. Azonban mindkét esetben a biológiai populáció megjelenésével és fejlődésével kialakul rajtuk egy biofilm réteg. A kialakult bioreaktor képes a szerves anyag eltávolítására (mind adszorpcióval, mind biológiai lebontással), valamint az oxigén és az ammóniatartalom redukálására. Utóbbival párhuzamosan növekszik a szénsav és nitráttartalom. Fontos kitérni arra, hogy a biotechnológia alkalmazásával fennáll az a veszély, hogy a kezelt víz baktériumokat fog tartalmazni, ezért van szükség a folyamat végi fertőtlenítésre.

**3. táblázat: Biológiai szűrő előnyei és hátrányai / Table 3: Advantages and disadvantages of biological filters**

Előnyök	Hátrányok
<ul style="list-style-type: none"> <li>+ Költséghatékony az üzemeltetése (EMIS, 2020).</li> <li>+ Nincs szükség rendszeres energia- és vízigényes visszamosásra.</li> <li>+ Jó hatásfokkal távolítja el a biológiailag lebomló komponenseket és a természetes szerves anyagokat (EMIS, 2020).</li> <li>+ Lebontja/ átalakítja a káros anyagokat (pl nitrit, ammónia), ezzel fokozva az általános vízminőséget és biztosítva a sokkal</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Költséges a rendszer üzembe helyezése, a biofilter kezdeti beállítása (EMIS, 2020).</li> <li>- A rendszer végső állapotának – baktérium kolónia – kialakulásáig sok idő kell.</li> <li>- Ha nem jól alakul ki a biológiai rendszer, akkor az állatok telepítésekor a medence ammónia és nitrit koncentrációja kiugró értékeket fog mutatni (OVERTON, 2020).</li> <li>- A rendszer érzékeny, így folyamatos karbantartást kíván (http8). Napi</li> </ul>

<p>egészségesebb közeget az élőlényeknek; ez csökkenti az élőlények stressz állapotát, mely eredménye az egészséges és hosszabb élettartam (http3).</p> <p>+ A baktériumok hatására növekszik a víz oxigénszintje (http3).</p> <p>+ A többi szűrő rendszerhez képest sokkal kevesebb iszap keletkezik (EMIS, 2020).</p> <p>+ Biológiailag stabil rendszer lesz; a hasznos mikroorganizmusoknak lehetőségük van elszaporodni, a károsak nagy mértékben visszaszorulnak (BECKER et.al., 2022).</p> <p>+ Képes eltávolítani a metil-izoborneol (MIB) és a geozmin vegyületet, amik a víz dohos és földes ízét-szagát okozzák (CW, 2024).</p> <p>+ Nincs szükség vegyszerre (EMIS, 2020).</p> <p>+ Csökkenti a folyamat végén a fertőtlenítési melléktermék mennyiségét (EMIS, 2020).</p> <p>+ Fenntartható vízkezelési technológia, hiszen az egyik legalacsonyabb az üvegházhatású gázok kibocsátása (SCHNEIDER, 2015).</p>	<p>rendszerességgel kell figyelni a paramétereket (pl: pH, páratartalom, nyomásvesztés). A mért és szondázott komponensek változása, a tisztítási hatások módosulása mind a rendszer működésében fellépő anomáliákra utalnak (http1).</p> <p>- A szűrőközeg rendszeres tisztítást igényel; időnként cserélni/frissíteni kell, mely kiadási oldalon jelenik meg plusz költségként. A tisztítást követően ismét idő kell ahhoz, hogy kialakuljon a biológiai rendszer (http5; http8)</p> <p>- A korlátozott felület a nitrogénciklus befejezését akadályozza, ezzel csökkentve a szűrő hatékonyságát (OVERTON, 2020).</p> <p>- Állandó hőmérsékletet és kémhatást kell biztosítani; a hirtelen változások negatív hatással vannak a mikrobiológiára, ezzel csökkentve a szűrés hatásfokát és növelve a vízminőségi problémákat (http8).</p>
---	---

Biológiai szűrőről akkor beszélünk, amikor a szűrési folyamatokat a mikrobiológiai tevékenység alapozza meg (5. ábra). A szűrőtartályba helyezett mechanikai egységeken megtelepülő mikrobiológiai szervezetek biofilm réteget képeznek, mely a tisztítási folyamatért felelős. Ezek a mechanikai egységek lehetnek például biolabdák, különféle alapanyagú szubsztrátumok (homok vagy aktív szén), membránok vagy természetes gyökérszövet (TOLNAI, 2019). A biológiai szűrés jellemző áramlási sebessége 0,1 m/h. Ennél a technológiánál fokozott figyelmet kell fordítani a szűrési sebesség optimális megválasztására, ugyanis a túl nagy áramlási sebesség képes leszakítani a biofilm réteget, mely a szűrési mechanizmus hirtelen romlásához vezet. (TOLNAI, 2015)

Az említett mikroorganizmusok a szennyezésért felelős molekulákat átalakítják és/vagy lebontják. Ennek következtében olyan új vegyületek jönnek létre, melyek már nem jelentenek kockázatot a vízminőségre nézve. A mikroorganizmusok által képzett biofilm réteg nem képes aktív helyváltoztatásra, ellenben a benne lévő baktériumokkal. Ez az alapja annak, hogy folyamatos áramoltatással kell ellátni a biológiai szűrőket, hiszen mesterségesen kell biztosítani, hogy a biofilm réteg kapcsolatba lépjen a kezelendő vízzel. A lebontás eredményeként a keletkező termék energiaszintje kisebb lesz, mint a bomlás előtti állapotban; így a rendszerben energiatöbblet alakul ki, mely a mikroorganizmusok növekedésének és szaporodásának alapját fogja képezni (TOLNAI, 2019).

A szűrőüzem leállása az anaerob baktériumok elszaporodását vonja maga után, ami kerülendő. A víztisztításban szerepet játszó baktériumok egy esetleges meghibásodáskor, leálláskor nem jutnának kellő mennyiségű friss oxigénhez, mely a pusztulásukhoz vezetne. A felmerülő állapot néhány mikroorganizmusra kedvezően hatna és felszaporodásukhoz vezetne. Egy ilyen leállás utáni újraindításkor számítani kell arra, hogy a rendszer toxikus vizet forgathat vissza, mely végezhet a medence ökoszisztémájával. Ez az oka annak, hogy az ilyen rendszerek gépesítve és automatizálva vannak a szünet nélküli működtetés érdekében.

**Fertőtlenítés (ózon, UV)**

Fertőtlenítésre a patogén szervezetek (vírus, baktérium, atka, féreg) megsemmisítése, valamint fertőzőképességének megszüntetése miatt van szükség. A patogén szervezetek detektálásával az a baj, hogy egyenként nem nyomon követhetőek és az indikátor mikroorganizmusok nem mindig működnek. A fertőtlenítés jellemzően oxidációs folyamatok segítségével, oxidálószer alkalmazásával végezhető el. Azonban fontos kiemelni, hogy a fertőtlenítés nem jelenti a víz teljes sterilizését, csak a fertőzés kockázatának nagymértékű redukálását (WALTNER, 2021).

**4. táblázat: Ózon előnyei és hátrányai / Table 4: Advantages and disadvantages of ozone**

Előnyök	Hátrányok
<ul style="list-style-type: none"> <li>+ Leghatékonyabb fertőtlenítő eljárás; a klórral szemben 5x hatékonyabb a vírusok, spórák, baktériumok és gombák ellen (WALTNER, 2021).</li> <li>+ Klórral szemben toleráns baktériumok ellen is hatásos (WALTNER, 2021).</li> <li>+ Gyors, 10-30 perc alatt megy végbe a fertőtlenítő hatása; de már 10-12 perc is elég (WALTNER, 2021).</li> <li>+ Nincs káros melléktermék; a folyamat végén az ózon oxigénné bomlik (OS, 2021).</li> <li>+ Hatékonyan oxidálja a színt, az ízt, a szaghatást okozó vegyületeket (PCC, 2021).</li> <li>+ Nehezen hozzáférhető területeken is hatásos (PCC, 2021).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Rosszul oldódik (WALTNER, 2021).</li> <li>- Költséges a telepítése és az üzemeltetése is (WALTNER, 2021).</li> <li>- A technológia összetettsége miatt szakembert igényel.</li> <li>- Csak helyben állítható elő (INFINITIA, 2022) speciális körülmények között.</li> <li>- Nem energiahatékony; az ózon előállításánál a felhasznált energia 85% elvész (CI, 2020).</li> <li>- Hosszútávú hatékonysága korlátozott; nincs utófertőtlenítő hatása, mint a klórnak. Az ózon hamar lebomlik oxigénné, így a rendszerben már nem hat a fertőtlenítés (OS, 2021)</li> </ul>

A teljes csíramentesség nem követelmény, de a kórokozó mikrobák elpusztítását el kell érni. Fertőtlenítés során ügyelni kell arra, hogy széles spektrumú legyen; hatásos legyen a baktériumok, vírusok, gombák, paraziták stb. ellen. A fertőtlenítőszerrel szemben támasztott igények közé sorolható, hogy a mikroorganizmusok elpusztítására kis mennyiségben, hatékonyan legyen képes, hatása hosszú távon érvényesüljön, alkalmazása során ne képződjen olyan melléktermék, mely hátrányosan befolyásolja a víz minőségét, valamint a mikroorganizmusokon kívül más anyaggal ne legyen reakcióképes (KASZAB, 2022).

A körfolyamat során gyakorta egy speciális fertőtlenítő mechanizmus kerül beépítésre. A víz egy ózon reaktoron áthaladva fertőtlenítésen esik át, továbbá friss oxigénhez jut, majd egy UV berendezés csíramentesíti.

Ózonizálás során fellépő oxidációs reakciók kétféle csoportba sorolhatóak. Egyik, amikor az oldott szerves anyagok magával az ózonnal, míg a másik csoport részei az ózon hatására keletkező OH<sup>-</sup>csoportokkal lépnek reakcióba (BENEDEK, 1990).

Az UV széles körben alkalmazható, akár kisebb tisztító telepeken, akár házi rendszerekben, akár az akvarisztikában. A kibocsátott ultraibolya sugárzás a sejtek DNS-eire hat, befolyásolja a sejtek reprodukciós képességét, így megállítja a sejtosztódást. Meglehetősen jó hatásfokkal működik, hatása nem függ a víz kémhatásától vagy ammóniumtartalmától, továbbá használata közben nem képződnek melléktermékek. Hatásfokát a víz lebegőanyag tartalma és keménysége viszont negatívan befolyásolhatja. További hátránya, hogy csak az adott pontban, a felszíntől számítva 5-20 cm-es mélységben hat. Amiért nem rendelkezik utóhatással, jellemzően helyszíni fogyasztásnál alkalmazzák. Nagyobb ivóvíztisztító telepeken a klórozással kombinálva használják (WALTNER, 2021).

**5. táblázat: UV előnyei és hátrányai / Table 5: Advantages and disadvantages of UV**

Előnyök	Hátrányok
<ul style="list-style-type: none"> <li>+ Jó hatásfokkal működik (WALTNER, 2021).</li> <li>+ Biztonságos felhasználású WALTNER, 2021).</li> <li>+ Olcsó az üzemeltetése és energiatakarékos.</li> <li>+ A vízben lévő mikrobák 99,9%-t képes elpusztítani és hatásos a klórrezisztens kórokozókkal szemben is (http2)</li> <li>+ Nem igényel vegyszeradagolást; így nem képződik káros melléktermék sem (WALTNER, 2021).</li> <li>+ Nincs hatással az víz ízére, szagára és színére.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Költséges a telepítése (WALTNER, 2021).</li> <li>- Csak közvetlen expozíció során hat, felszíntől max 5-20 cm (WALTNER, 2021).</li> <li>- Nem rendelkezik utóhatással (WALTNER, 2021).</li> <li>- Hatásfokát befolyásolják a környezeti feltételek (pl: hőmérséklet, páratartalom) (WALTNER, 2021).</li> <li>- Hatásfokát befolyásolják a vízkémiai paraméterek (pl: pH, ammóniumtartalom) (WALTNER, 2021).</li> </ul>

## Anyag és Módszer/Mérés

Az eddig tárgyalt paraméterek függvényében elvégeztem egy 2. ábrán látható felépítésű működő/valós létfenntartó rendszer vízparamétereinek mérését. A vizsgálat során helyszíni és laboratóriumi méréseket egyaránt végeztem.

Helyszíni mérés során a WTW Multi 3630 IDS SET G műszerrel a medence kémhatását (pH), fajlagos elektromos vezetőképességét (EC), oxidációs-redukciós potenciálját (ORP) és oldott-oxigén tartalmát (DO) mértem.

Általánosságban vizsgálva:

- A víz pH értékének meghatározására nem csak a növények és állatok jólléte érdekében van szükség, hanem műszaki szempontból is igen fontos információkkal szolgál; a savas víz fémeket (pl: ólom) oldhat ki a rendszerből, míg a lúgos víz vízkőlerakódásokat okozhat.
- A vezetőképesség mértéke a medencében jelenlevő oldott anyagok mennyiségére utalhat, de mesterségesen előállított tengervíz esetében a medence sókoncentrációját is meghatározza.
- Az oxidációs-redukciós potenciál a víz oldott ion tartalmát adja meg, mellyel szintén a vízben jelenlevő szennyezések mértéke és jellege határozható meg.
- Oldott oxigén mérésére azért van szükség, hogy meghatározásra kerüljön a szabad molekuláris oxigéntartalom. Amennyiben ez alacsony értéket vesz fel, az arra enged következtetni, hogy a vízben biológiai folyamatok játszódnak le; ilyen például a fotoszintézis.

Laboratóriumi mérés keretein belül titrimetria, spektrofotometria (UV/VIS) és induktív csatolású plazma (ICP-OES) módszeren alapuló vizsgálatokat végeztem. Így összességében a klorid (Cl<sup>-</sup>) tartalom, a szerves-anyag kémiai oxigénigénye (KOI), az ammónium tartalom (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) és az oldott egyéb ásványok kerültek meghatározásra.

A minták a mesterséges tavakra vonatkozó jelenleg hatályos szabványa szerint - *MSZ ISO 5667-4:2017*- kerültek vételezésre és kezelésre.

A helyszíni mérések során az alábbi paraméter-szabvány összefüggéseket vettem alapul:

- o Hidrogénion-koncentráció (pH): potenciometriás módszer; *MSZ 1484-22:2009 8.1. szakasz.*
- o Fajlagos elektromos vezetőképesség (EC): konduktometriás módszer; *MSZ EN 27888:1998.*
- o Oxidációs-redukációs potenciál (ORP): *STANDARD METHODS 2580:1997.*
- o Oldott oxigéntartalom (DO): elektrokémiai szondázás; *MSZ EN ISO 5814:2013.*
- o Medencék víz hőmérséklet (T): *MSZ 448-2:1967 (visszavont szabvány).*

A laboratóriumi mérések során a következő paraméter-szabvány kapcsolatokat alkalmaztam.

- o Klorid tartalom (Cl<sup>-</sup>): *MSZ 448/15-82.*
- o Kémiai oxigénigény (KOI): permanganátos módszer; *MSZ EN ISO 8467:1998.*
- o Ammónium tartalom (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>): spektrofotométeres módszer; *MSZ ISO 7150-1:1992.*
- o Oldott egyéb elemek (Ca, K, Mg, P, Na): ICP-OES módszer; *MSZ 12750/18-74.*

## Eredmények és következtetések

A mérések során kapott eredmények azt támasztják alá, hogy igen nehéz feladat egy ilyen összetett rendszert mesterségesen üzemeltetni és fenntartani, hiszen nagyon sok paraméternek kell egyidőben megfelelni. Az is leolvasható, hogy a referencia értékek meglehetősen szigorúak. Ennek viszont a legtöbb esetben komoly oka van. A vizekben mért foszfor (P), nitrogén (N), kálium (K) a halakra nézve toxikus, míg a növényeknek tápanyagként szolgál. Ezzel szemben a nátrium (Na) gátolja a növények kalcium (Ca), magnézium (Mg) és kálium (K) felvételét. Mindeközben a kalcium, a magnézium és a kálium is esszenciális elem; létfontosságú folyamatokért felelnek.

**6. táblázat: Helyszíni mérés értékei / Table 6: Field measurement values**

Paraméter	Medence	Kiegyenlítő tartály	Referencia érték (LH,2016), (AMC, 2006)
pH [ ]	8,39	8,39	8,1-8,3 —
EC [mS/cm]	51,0	50,9	53 mS/cm
ORP [mV]	162,8	149,4	200-400 mV
DO [mg/l]	8,24	8,22	7-11 mg/l
T [°C]	24,7	24,7	23-26 °C

**7. táblázat: Laboratóriumi mérés értékei / Table 7: Laboratory measurement values**

Paraméter	Medence I.	Kiegyenlítő tartály	Referencia érték (LH,2016), (AMC, 2006)
Cl <sup>-</sup> [mg/l]	352 710	n.a	n.a. —
KOI [mg/l]	13,70	n.a	< 40 mg/l
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> [mg/l]	8,76	n.a.	= 0,50 mg/l
Ca [mg/l]	195,94	220,47	380-450 mg/l
K [mg/l]	539,36	238,48	380-440 mg/l
Mg [mg/l]	670,54	827,21	1250-1450 mg/l
P [mg/l]	0,30	1,32	0,06-0,8 mg/l
Na [mg/l]	18 848	8 383,7	10 000-11 200 mg/l

Látható, hogy a mért paraméterek sok esetben eltérnek az akvarisztikai gyakorlatok által meghatározott referencia értékektől. Ennek oka nem a rendszer hibás működése. Mivel jelen esetben referencia érték van meghatározva – mely egy ajánlásnak vagy viszonyítási alapnak felel meg – és nem határérték, így az csak egy iránymutatás az ideális értékek függvényében. Ebben a tekintetben a medence detektált értékei kielégítik a vízminőségi elvárásokat.

Fontos kiemelni, hogy a medence vizének paramétereit, mindig a gondozás alatt lévő állatok igényei alapján kell beállítani. Az optimális értékek meghatározása az akvarisztikában alkalmazott referencia értékek, az állatgondozók szakértelme, az állatorvosok szakvéleménye és a műszaki szakemberek tapasztalata alapján kerül definiálásra.

### ***Köszönetnyilvánítás***

A kutatás a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Hivatal „A körforgásos gazdaság megvalósíthatósága a honvédelmi tevékenységek során” című, TKP2021-NVA-22 azonosítószámú Tématerületi Kiválósági Program támogatásával valósult meg, a Körforgásos Gazdaság Elemző Központ (KGEK) vezetésével.

A kutatás a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Kiemelt Kutatócsoportok Programjának támogatásával készült.

### **Hivatkozott források**

- ALKEN MURRAY CORP. [AMC] (2006): Interpreting water analysis test results, Megjelenés: 2006.08.25., Letöltés: 2024.09.23., Forrás: <https://www.alken-murray.com/TESTS01.htm>
- BECKER, W. – DEWOLFE, J. – ROSENFELDT, E. – SANTOS M. (2022): Biological Filtration: Principles, Particles, and Performance, Megjelenés: 2022.08.02., Letöltés: 2024.09.21., Forrás: <https://www.hazenandsawyer.com/articles/biological-filtration-principles-particles-and-performance>
- BENEDEK, P. (1990): Biotechnológia a környezetvédelemben. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 189-222 p
- CARE WATER [CW] (2024): What is Bio Media and the Advantages of Using It, Megjelenés: 2024.02.03., Letöltés: 2024.09.23., Forrás: <https://carewater.solutions/en/what-is-bio-media-and-the-advantages-of-using-it/>
- CHEMTECH INTERNATIONAL [CI] (2020): Effectiveness and Benefits of Ozone Filtration for Wastewater Treatment, Megjelenés: 2020.05.28., Letöltés: 2024.09.24., Forrás: <https://chemtech-us.com/effectiveness-and-benefits-of-ozone-filtration-for-wastewater-treatment/>
- EMIS (2010): Sand filtration, Megjelenés: 2010.februás, Letöltés: 2024.09.23., Forrás: <https://emis.vito.be/en/bat/tools-overview/sheets/sand-filtration>
- EMIS (2020): Biofilter, Megjelenés: 2020, Letöltés: 2024.09.21., Forrás: <https://emis.vito.be/en/bat/tools-overview/sheets/biofilter>
- FARNSWORTH R. (2022): Bulk Reef Supply. What is a Protein Skimmer?, Megjelenés: 2022.01.05., Letöltés 2024.09.18., Forrás: <https://www.bulkreefsupply.com/content/post/md-2016-04-what-is-a-protein-skimmer>
- FARNSWORTH R. (2023): Bulk Reef Supply. What Is the Purpose of a Protein Skimmer?, Megjelenés: 2023.04.26., Letöltés dátuma: 2024.09.18., Forrás: <https://www.bulkreefsupply.com/content/post/what-is-the-purpose-of-a-protein-skimmer>
- FISH TANK WORLD [FTW] (2019): Does a Protein Skimmer Benefit a reef Tank?, Megjelenés: 2019.03.08., Letöltés: 2024.09.19., Forrás: <https://www.fishtankworld.com/protein-skimmer-benefits/>

- FISHLORE (2019): Protein Skimmer For Saltwater Aquariums, Megjelenés: 2019.08.12., Letöltés: 2024.09.19., Forrás: <https://www.fishlore.com/proteinskimmer.htm>
- INFINITIA (2022): Ozone surface, air and odour disinfection, Megjelenés: 2022.08.08., Letöltés: 2024.09.24., Forrás: <https://www.infinitiaresearch.com/en/sin-categoria-en/ozone-surface-air-and-odour-disinfection/>
- KASZAB, E. (2022): Környezethigiéna tárgy előadásanyaga. Gödöllő (Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem)
- LAQUA HORIBA [LH] (2016): Aquarium Water Testing, Megjelenés: 2016.10.10., Letöltés: 2024.09.23., Forrás: <https://www.horiba.com/int/water-quality/applications/aquarium/aquarium-water-testing/>
- LIVING ART AQUATICS [LAA] (2017): What's a Protein Skimmer and Do I Need One in My Home Aquarium? Megjelenés: 2017.08.27., Letöltés: 2024.09.23., Forrás: <https://livingartaquatics.com/protein-skimmer-home-aquarium/>
- MUCSI, D.G. (2020): A Ginglymostomatidae család tanulási képességeinek vizsgálata az operáns kondicionálás eszközével. Budapest, 30p.
- MUYA, A. (2024.): Advantages and Disadvantages of Sand Water Filters, Megjelenés: 2024.03.10., Letöltés: 2024.09.19., Forrás: <https://www.expresswatersolutions.com/water-filtration/advantages-and-disadvantages-of-sand-water-filters/>
- NLABS (2014): Protein Skimming – Explained, Megjelenés: 2014.12.01., Letöltés: 2024.09.23., Forrás: <https://www.nt-labs.com/knowledge-hub/protein-skimming-dissolved-organic-carbon/>
- OVERTON, P. (2020): Common Problems with Aquarium Bio-Filtration and How to Avoid Them, Megjelenés: 2020.01.05., Letöltés: 2024.09.23., Forrás: <https://www.cermedia.com/2020/06/05/common-problems-aquarium-bio-filtration-how-to-avoid/>
- OZONE SOLUTIONS [OS] (2021): Ozone vs. Chlorine for Water Disinfection, Megjelenés: 2021.10.18., Letöltés: 2024.09.24., Forrás: <https://ozonesolutions.com/blog/ozone-vs-chlorine/>
- ÖLLŐS G. (1998): Vízisztítás–Üzemeltetés. Egri Nyomda Kft., Eger 970p.
- PCC (2021): Everything you need to know about ozone disinfection, Megjelenés: 2021.12.07., Letöltés: 2024.09.24., Forrás: <https://www.products.pcc.eu/en/blog/everything-you-need-to-know-about-ozone-disinfection/>
- PEARL WATER TECHNOLOGIES [PWT] (2024): Top 10 Benefits of Using Sand Filters for Clean Water, Megjelenés: 2024.08.02., Letöltés: 2024.09.19., Forrás: <https://pearlwater.in/blog/top-10-benefits-of-using-sand-filters-for-clean-water>
- REYNOLDS, T.D. – RICHARDS, P.A. (1996) Unit Operations and Processes in Environmental Engineering (second edition). PWS Publishing Company 798p.
- SCHNEIDER O. (2015): Biofiltration Benefits, Megjelenés: 2015.05.04., Letöltés: 2024.09.21., Forrás: <https://www.wwdmag.com/water/article/10932273/biofiltration-benefits>
- SPENCER, M. (2023): Saltwater Protein Skimmer: What You Need to Know, Megjelenés: 2023.11.23., Letöltés: 2024.09.23., Forrás: <https://sunnysidecorals.com/blog/saltwater-protein-skimmer-what-you-need-to-know/>
- TOLNAI, B. (2015): Szűrések hasonlósága. Vízmű Panoráma, 2015/1. 22-27.
- TOLNAI, B. (2019): A biofilmen belül zajló folyamatokról. Vízmű Panoráma, 2019/1. 29-33.
- WALTNER, I. (2021): Szennyvíztisztítás, víztisztítás tárgy előadásanyaga. Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Gödöllő
- [http1] Scentroid: Biofilter, Letöltés: 2024.09.21., Forrás: <https://scentroid.com/wiki/odour/biofilter/>
- [http2] 1H2O3: The advantages and disadvantages of UV disinfection, Letöltés: 2024.09.24., Forrás: <https://www.1h2o3.com/en/learn/water-purification/uv-water-purification-system/advantages-disadvantages-uv-disinfection/>

[http3] Aquadecor: The Benefits of Installing a Biological Filter in your Aquarium and How to Choose the Right One, Letöltés: 2024.09.21., Forrás: <https://aquadecorbackgrounds.com/blog/the-benefits-of-installing-a-biological-filter-in-your-aquarium-and-how-to-choose-the-right-one/>

[http4] BMS: Slow Sand Filter, Letöltés: 2024.09.23., Forrás: <https://www.bm.com.sa/blog/slow-sand-filter/>

[http5] PCA: How does a biofilter work?, Letöltés: 2024.09.21., Forrás: <https://pca-air.com/en/blog/how-does-biofilter-work>

[http6] Pros and Cons to a Protein Skimmer, Megjelenés: 2001.11.14., Letöltés 2024.09.19., Forrás: <https://reefs.com/forum/general-discussion/235283-pros-cons-protein-skimmer-1.html>

[http7] Arcanum: Tannin, Letöltés dátuma: 2024.09.18., Forrás: <https://www.arcanum.com/hu/online-kiadvanyok/Lexikonok-a-pallas-nagy-lexikona-2/sz-183B4/tannin-1937C/>

[http8] Aquarium filters: Advantages and Disadvantages, Megjelenés: 2022.12.11., Letöltés: 2024.09.23., Forrás: <https://www.zuiveringstechnieken.nl/aquarium-filters-advantages-and-disadvantages>

## Szerzők

### **Dorkota Andrea**

PhD hallgató

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Környezettudományi Doktori Iskola  
[dorkota.andrea@phd.uni-mate.hu](mailto:dorkota.andrea@phd.uni-mate.hu)

### **Dr. habil. Horváth Márk Kálmán**

egyetemi docens, tanszékvezető

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Környezettudományi Intézet, Környezetanalitikai és Környezettechnológiai Tanszék  
[horvath.mark.kalman@uni-mate.hu](mailto:horvath.mark.kalman@uni-mate.hu)

A műre a Creative Commons 4.0 standard licenc alábbi típusa vonatkozik: [CC-BY-NC-ND-4.0.](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)

