

## Halastavak hidrobiológiája – a tókezelés hidrobiológiai alapjai

(KIVONAT)

Halbiológia és haltenyésztés. (egyetemi tankönyv) Szerkesztő: Horváth László.  
Mezőgazda Kiadó, Budapest, pp. 344-385.

### Bevezetés

A hidrobiológia a vízi szervezetek valamint az abiotikus (fizikai és kémiai) és a biotikus (biológiai) környezeti tényezők közötti kölcsönhatást vizsgálja. A fizikai környezethez sorolható a fény, a hőmérséklet és a vízmozgás. A halastavak működését leginkább befolyásoló kémiai környezethez tartozik a víz ionösszetétele, a növényi tápelemek közül a különböző nitrogén-, foszfor- és szén-formák, az oldott gázok közül pedig az oxigén, a széndioxid, az ammónia, a kénhidrogén és a metán. A biológiai környezetet az egymással versengő, ill. táplálékláncokban egymásra épülő – alapvető szerepüket tekintve – elsősorban termelő (cianobaktériumok, algák és szervezettebb vízinövények), fogyasztó (ostoros és csillós egysejtűek, kerekesszervek, alsórendű rákok, rovarok és halak) vagy lebontó szervezetek (baktériumok és gombák) alkotják.

A halastavak természetes termelőképességét a rendelkezésre álló tápelemek határozzák meg. A tényleges termelőképesség azonban attól függ, hogy a tóban képződött élő szerves anyagból és a kívülről bevitt élő vagy élettelen szerves anyagból mennyi jut el a halakig közvetlenül, vagy közvetve a táplálékláncon áthaladva.

A halastavak tápanyagban, emiatt cianobaktériumokban, algákban és gyakran szervezettebb vízinövényekben is gazdag, céltudatosan bőven termővé, azaz hipertróffá tett vízi ökoszisztémák. Víztisztaságuk rendszeres vizsgálata biztonságot ad a halgazda számára, mert ezzel elkerülheti a szélsőségesen viselkedő hipertróf tavakban időnként előforduló halpusztulást és megválaszthatja az éppen szükséges tókezelési eljárást, így biztosíthatja a lehető legnagyobb természetes halhozamot.

A vízminőség a legtágabb értelemben magában foglalja a víz fizikai, kémiai és biológiai tulajdonságait. A halgazdát azonban ezek közül csupán azok érdeklik, amelyek befolyásolják a víz haleltartó és haltermelő képességét. Az eseti halpusztulások, a túlzott algásodás, az algák vagy a vízinövények hirtelen elpusztulása, stb. rendszerint vízkémiai okra vezethetők vissza és jelentős vízkémiai változásokat okoznak. Bármilyen tapasztalt gazdáról legyen is szó, szabad szemmel ezeket a változásokat nem képes nyomon követni. A haltermelés és tókezelés hidrobiológiai alapjainak a tárgyalásakor ezért különös hangsúlyt szentelünk a vízkémiai folyamatoknak. A mérsékelt klímára hazai, a trópusi klímára pedig

brazil példákat említünk. A kettő közötti eltérések fokozottan világítanak rá az egyes vízminőségi paraméterek jelentőségére és a tőkezelési beavatkozások szükségességére.

A fejezetben csupán a hidrobiológia halgazdálkodás szempontjából legfontosabb részeit emeljük ki és nem foglalkozunk a vizsgáló módszerek receptszerű leírásával. A további részletek tanulmányozására és a módszerek megismerésére megfelelő szakkönyveket ajánlunk az érdeklődő olvasónak.

## 1. A vízi ökoszisztéma abiotikus elemei

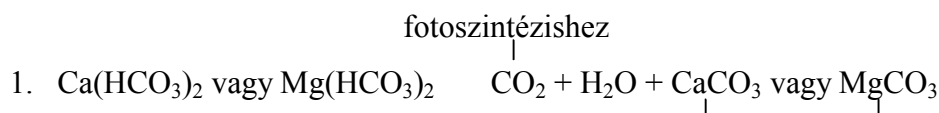
### 1.1. Fő anionok és kationok - a kalcium és a hidrokarbonát jelentősége

A víz összes-ion tartalma alapvetően attól függ, hogy a csapadékból származó édesvíz a kőzetekből milyen és mennyi elemet képes kioldani. A víz összes-ion tartalmára a hordozható készülékekkel könnyen mérhető vezetőképességből következtethetünk. A sok hidroxidot vagy szabad savat tartalmazó vizeknél a  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  értékben kifejezett vezetőképességet 0,55 alatti vagy körüli, míg nagy sótartalmú vizeknél 0,9-hez közeli faktorral szorozva megkapjuk a víz összes-ion koncentrációját  $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ -ben. Hazai vizeinknél jó közelítő értéket kapunk, ha 0,63-nak tekintjük ezt a faktort. A magyarországi vizek vezetőképessége változóan magas, néhány száztól néhány ezer  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  között változhat.

A víz összes-ion tartalmát növeli a párolgás és a szerves anyagok lebomlásából felszabaduló ionok mennyisége. Halastavaknál ezenkívül az üledéknek, a meszezésnek és a trágyázásnak van jelentős hatása. Az iontartalmat csökkenti a csapadék és a tóvíznél kisebb ion-tartalmú vízzel történő vízcsere vagy vízpótlás. Az alacsony összes-ion tartalom a halgazdálkodás szempontjából kedvezőtlen, mert minden tőkezelési beavatkozás gyors és lényeges vízminőségi változással jár együtt, pl. pH-növekedés, algásodás.

Az összes-ion tartalom mellett a víz ion-összetétele határozza meg azt, hogy a víz mennyire alkalmas halgazdálkodásra. Az összes-ion tartalom döntően négy fő kation (nátrium, kálium, kalcium és magnézium) és négy fő anion (szulfát, klorid, hidrokarbonát és karbonát) ekvivalens mennyiségének az összegéből adódik. A "jó halas vizekben" a kalcium (és a magnézium), ill. a hidrokarbonát van túlsúlyban.

A cianobaktériumok, az algák és a szervezettebb vízinövények fotoszintézisükhöz a széndioxidot veszik fel először a vízből és így növelik a víz pH-értékét. A szabad széndioxid elfogyása után a  $\text{HCO}_3^-$ -ionból az alábbiak szerint veszik fel a szervesetlen szenet:



kicsapódnak nem növelik a víz pH-t

fotoszintézishez



oldatban maradnak növelik a víz pH-t

A gyengén oldódó kalcium- vagy magnézium-karbonát a vízből kicsapódva csupán kismértékben növeli a pH-értéket. Ezzel szemben szikes vizekben a növények fotoszintézise során keletkező kálium- és nátrium-karbonát jobb vízoldékonysága miatt nem csapódik ki és gyakran 9, sőt 10 fölé emeli a pH-értéket.

### 1.2. Fény - fényviszonyok a vízben és a Secchi-átlátszóság

A földfelszínre érő elektromágneses sugárzás különböző hullámhosszúságú sugarakból áll, nevezetesen ultraibolya (380 nm-ig), látható (380-750 nm) és infravörös (750-3000 nm) sugarakból. Az összes sugárzó energiának kb. 55 %-a látható fény, 40-44 %-a infravörös, 1-5 %-a pedig ultraibolya sugárzás. A zöld növények a látható fényt, az úgynevezett fotoszintetikusan aktív (photosynthetically active radiation = PhAR) sugárzást képesek hasznosítani.

A víz színét a nem elnyelt hullámhosszú fény és a fényelnyelést befolyásoló lebegő anyagok határozzák meg. A zavarosság a víz fényáteresztő képességének a csökkenését jelenti, ami a különböző méretű lebegő részecskékkel magyarázható. Halastavakban a víz zavarosságát és színét agyagkolloidok, a bomló növényzetből származó kolloidális szerves anyagok, szándékunk szerint pedig mindenekelőtt a fitoplankton okozhatja.

Általában elfogadott, hogy a fotoszintézis és a légzés azonos abban a vízmélységben, ahol a vízfelszínre érő fénynek már csupán 1 %-a mérhető. Ez az úgynevezett kompenzációs réteg, ami fölött a jól megvilágított (eufotikus), alatta pedig a nem kellően megvilágított (afotikus) réteg található. Az eufotikus réteg becslésére alkalmas Secchi-korong 20 cm átmérőjű súlyozott korong, amelynek a felső lapja négy részre osztott és váltakozva feketére és fehérre festett. A Secchi-átlátszóság annak a két vízmélységnek az átlagát jelenti amelynél a korong felülről nézve eltűnik majd újra láthatóvá válik.

### 1.3. Vízhőmérséklet - évszakos és napi változás

A víz sűrűsége 4°C-on a legnagyobb ettől felfelé és lefelé csökken. A víz ezen sajátos tulajdonsága okozza azt, hogy télen a 0°C-os jég a felszínen van, míg az üledék feletti vízréteg akár 4°C-os is lehet. A nyári hőrétegzettség azért alakul ki egy tóban, mert a gyorsabban felmelegedő felső vízrétegnek kisebb, a hidegebb alsó rétegnek pedig nagyobb a sűrűsége.

Hőrétegzettség idején a két vízréteg sűrűsége közötti különbség olyan nagy, hogy a szél energiája már nem elegendő a tóvíz felkeveréséhez. Mély tavaknál a mérsékelt égövön téli és nyári hőrétegzettséget (stagnációt), valamint tavaszi és őszi felkeveredést (cirkulációt) lehet megfigyelni. Trópusi tavaknál a nyári hőrétegzettséget a téli felkeveredés követi. Az egyenlítőtől való távolság és a tengerszint feletti magasság függvényében az állandóan rétegzett vizektől (amiktikus) az évente számos felkeveredést mutató (polimiktikus) tavakig minden változat megtalálható.

## **2. Oldott gázok,tápelemek, szerves és szervetlen vegyületek a vízben**

### **2.1. Szervetlen szén - és a víz kémhatása közötti összefüggés**

A széndioxid ( $\text{CO}_2$ ) kis mértékben közvetlenül a levegőből, nagyobb részben a vízi szervezetek légzése útján kerül a vízbe. A szerves anyagokból aerob bomláskor teljes egészében  $\text{CO}_2$  képződik, anaerob bomláskor pedig 50-50 %-ban  $\text{CO}_2$  és metán. A vízben jól oldódó széndioxid a vízzel szénsavat ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ) képez, aminek 99 %-a hidrogén- ( $\text{H}^+$ ) és hidrokarbonát-ionra ( $\text{HCO}_3^-$ ) disszociál. A  $\text{HCO}_3^-$  további disszociációjából  $\text{H}^+$  és karbonát ( $\text{CO}_3^{2-}$ ) keletkezik.

### **2.2. Szerves szén - a könnyen bontható szerves vegyületek jelentősége**

A vízi ökoszisztémákban előforduló szerves szén két részre osztható: az élettelen és az élő lebegő anyagokban/szervezetekben lévő szerves szénre. A kettő együtt adja a vízben található összes szerves szenet. Az élettelen szerves szén tovább osztható oldott és lebegő részecskékhez kötött szénre. Módszertani okok miatt az élő és az élettelen lebegő részecskék szerves szene nem választható szét. A kettőt együtt összes formált (partikulált) szénnek nevezzük. A szerves anyagtól mentes szűrőlapon átszűrt vízben mérhető az összes oldott szén.

Az élettelen lebegő részecskékhez kötött szerves szén (detritusz) általában az elpusztult élő szervezetekből és a felkeveredett üledékből származik, amihez halastavakban jelentős adalék a halak ürüléke, a kijuttatott szerves trágya és az el nem fogyasztott takarmány. Jelentőségét a halgazdák már akkor felismerték, amikor függetlenül a más formában megjelenő detritusztól szerves trágyázni kezdték tavaikat. A detritusz a szűrő zooplankton szervezetek és halak közvetlen tápláléka, amivel legalább egy ideig át tudják vészteni a fitoplankton hiányát. A detrituszt szerves anyag forrásként felhasználó mikroszervezetek részint  $\text{CO}_2$ -dal gazdagítják a vizet, részint a detritusz egy részét élő lebegő részecskévé alakítva fehérjében gazdagabb táplálékkul szolgálnak a szűrő szervezeteknek. A

bakterioplankton mellett az élő lebegő részecskék jellegzetes csoportja a zooplankton és a fitoplankton.

Az oldott szerves szén az elhalt élő szervezetek bomlásakor kerül a vízbe, de tartalmazza az élő szervezetek által a környezetbe kibocsátott szerves anyagokat is. Eredetüket és kémiai természetüket tekintve nagyon változatosak. Lehetnek fehérjék, szénhidrátok, zsírok, humin-anyagok és a manapság ismét egyre gyakrabban emlegetett biológiailag rendkívül aktív extracelluláris enzimek.

### 2.3. Oldott oxigén - a hajnali oxigénhiány előrejelzése

Az oxigén ( $O_2$ ) hőmérséklettől függő oldékonyságát a vízben, vagy másképpen fogalmazva az oxigénnel 100 %-ban telített víz  $O_2$  koncentrációját a tartalmazza. Ez azt jelenti, hogy a tóvíz levegőztetésével, vagy vízmozgatással az adott vízhőmérsékleten a táblázatban megadottnál nagyobb  $O_2$  koncentráció nem érhető el. A tóvízben délutánonként mérhető  $O_2$  koncentrációnak a telítettség (100 %) feletti része biológiai eredetű, a cianobaktériumok az algák és a szervezettebb vízinövények fotoszintéziséből származik.

A vízi ökoszisztémák oldott  $O_2$  koncentrációja állandóan változik a biológiai, kémiai és fizikai folyamatok következtében. A halastó vízének  $O_2$  koncentrációja döntően a cianobaktériumok, az algák és a makrofitonok fotoszintézisétől és az összes vízi szervezet légzésétől függ. A nappali órákban a fotoszintézis az eufótikus rétegben lényegesen több oxigént termel, mint amennyit elfogyaszt a légzés. Ezzel szemben éjjel nincs fotoszintézis, viszont a légzés tovább fogyasztja az oxigént. A nappali  $O_2$ -termelés és a folyamatos  $O_2$ -fogyasztás miatt a tóvíz oldott  $O_2$  koncentrációja napi ritmust mutat. A legnagyobb  $O_2$  koncentráció a délutáni órákban mérhető, a legkisebb pedig közvetlenül napfelkelte előtt vagy napfelkeltekor.

### 2.4. Nitrogén-formák - az ammónia-mérgezés

A légköri nitrogénből ( $N_2$ ) 25°C-os vízben 12 mg.l<sup>-1</sup> oldható, de a  $N_2$ -kötésre képes cianobaktériumok kivételével a vízi szervezetek számára nem hasznosítható. A szervesetlen nitrogén egyéb formái az előfordulás növekvő sorrendjében a nitrit ( $NO_2^-$ ) a disszociálatlan (szabad) ammónia ( $NH_3$ ), a nitrát ( $NO_3^-$ ) és az ammónium-ion ( $NH_4^+$ ).

A halak számára mérgező  $NH_3$  százalékos aránya a mért összes ammónián belül elsősorban a víz pH-értékének, másodsorban a vízhőmérsékletnek a figyelembe vételével számítható. Toxikus koncentrációja 24-órás hatástartamnál pontyokra 1 mg.l<sup>-1</sup>  $NH_3$ -N körül van, de tartós jelenléte alacsonyabb koncentrációban (0,1 - 0,3 mg.l<sup>-1</sup>) is káros. Az  $NH_4^+$  és a

$\text{NO}_3^-$  az algák szaporodásához szükséges hasznos ion. Az  $\text{NH}_4^+$  javasolható koncentrációja a halastó vizében a toxikus  $\text{NH}_3$ -ra való átalakulás lehetősége miatt legfeljebb  $1 \text{ mg.l}^{-1} \text{ NH}_4^+\text{-N}$ . A  $\text{NO}_3^-$ -N ajánlható koncentrációja  $1\text{-}2 \text{ mg.l}^{-1}$ , bár nagyobb koncentrációja sem káros, de felesleges és az  $\text{O}_2$ -hiányos környezetben fellépő denitrifikáció miatt célszerűtlen.

## **2.5. Kén - a kénhidrogén-mérgezés megelőzése**

A kén leggyakoribb alakja a vizekben a szulfát ( $\text{SO}_4^{2-}$ ). Koncentrációja és aránya az összes-ion tartalomban változó. Általában, de halastavakat tápláló vizekben különösen kedvezőtlen, ha a domináns ionok közé tartozik. A szulfát az  $\text{O}_2$ -hiányos alsó hideg vízrétegben a szulfátredukáló baktériumok közreműködésével halakra toxikus kénhidrogénné ( $\text{H}_2\text{S}$ ) alakul.

Az üledékben lévő gázok kiűzése az üledék mozgatásával, gereblyezésével, fészülésével lehetséges. Jelentős gázképződéskor naponta a tó 10-15 %-án mozgatható meg az üledék. Az egész tó üledékének a megbolygatásával ugyanis a metánnal együtt felszabaduló kénhidrogén halpusztulást idézhet elő. Ha az üledékben a vizsgálatokkal szulfid mutatható ki és az üledék pH-értéke 6-6,5 alatti, akkor az üledék mozgatása előtt mészkőpor kivitele javasolható a pH növelésére és a kénhidrogén képződés csökkentésére.

## **3. A vízi ökoszisztéma termelő szervezetei**

### **3.1. Cianobaktériumok - $\text{N}_2$ -kötő és toxikus fajok**

A cianobaktériumok, vagy korábbi nevükön kékalgák morfológiai bélyegei a baktériumokhoz hasonlóak. Nincsenek ostorokkal mozgó formáik. Plazmájuk membránnal nem körülhatárolt központi színtelen részre (centroplazma) és egy sejtfalhoz közeli színes zónára (kromatoplazma) különül. Az előbbi tartalmazza az örökítő anyagot, a DNS-t. Kromatoplazmájuk fotoszintetikus membránjaiban (tilakoidok) van a klorofillok közül az a-klorofill (b-klorofill hiányzik!) és a karotinoidok.

Számos cianobaktérium-faj kedvezőtlen tulajdonságai közé tartozik a toxintermelés és a kellemetlen íz- és szaganyagok termelése. A cianobaktériumok előfordulása és tömeges elszaporodása (vízvirágzás) eutróf és hipertróf vizekben egyre gyakoribb. A halgazdák is gyakran kárvallottjai annak, hogy a tápanyagban gazdag vizekben, így a halastavakban is gyakoriak gondot okozó fajaik.

### **3.2. Mikroalgák - a zooplankton többnyire jól hasznosítható tápláléka**

Az algák eukariota, egy- vagy többsejtű, különböző méretű, alakú, szerveződésű és színű, elsődlegesen fototróf növények, amelyek valódi gyökérre, szárra és levélre nem tagolódnak. Rendszertani felosztásuk folyamatosan változik, de egyik legfontosabb kritériuma színanyagaik kémiai természete, ami gyakran elnevezésükben (pl. zöldmoszatok, barnamoszatok, vörösmoszatok) is kifejeződik, bár ez csupán azt jelzi, hogy a számos pigment közül melyik a meghatározó.

Az algák által megtermelt biomassza halakig vezető két fő útja: (1) alga → zooplankton → hal, (2) alga → üledéklakók → hal.

#### **4. A vízi ökoszisztéma fogyasztó szervezetei**

Az állati szervezeteket magában foglaló tápláléklánc növényevő elsődleges fogyasztókból és állati eredetű anyagokból élő másodlagos fogyasztókból áll. A határ azonban a két csoport között korántsem éles, amint azt a mindenevők táplálkozási módja is jelzi. Ennek ellenére megkülönböztetésük a tápláléklánc szerkezetének, valamint az ökoszisztémán belüli anyag- és energiaszállításnak a megértése miatt hasznos.

A vízi állatok többnyire formált szerves anyagokkal táplálkoznak, de jelentéktelen mértékben például a *Daphniá*-k a halak és a békák oldott szerves anyagokat is képesek felvenni. A vízi ökoszisztémákban a nyílt víz és az üledéklakó fogyasztók táplálkozási láncát különböztetjük meg. A vízi fauna összetételétől függően ezek maguk is számos táplálékláncból állnak össze. A nyíltvízi tápláléklánc fő tagjai a fitoplankton → a növényevő zooplankton → a ragadozó zooplankton → a nyíltvízi békés halak és → a nyíltvízi ragadozó halak. Az üledéklakó fogyasztók táplálkozási láncának fő tagjai az üledék algái, a vízinövények és a szerves törmelék → a növényevő üledéklakó állatok → ragadozó üledéklakó állatok → az üledék közelében élő békés halak és → az üledék közelében élő ragadozó halak. A két fő táplálékláncban résztvevő fogyasztó szervezetek a szerves anyagok egy részét raktározzák, ami az egyedek tömeggyarapodásában és az adott faj biomasszájának a növekedésében mutatkozik meg. A fogyasztó szervezetek közül a zooplanktont és röviden az üledéklakó szervezeteket tárgyaljuk, de nem foglalkozunk a víztestben élő rovarlárvákkal.

##### **4.1. Zooplankton - táplálkozás, szaporodás és ökológiai igény**

A tavi zooplankton fő tagjai a kerekese férgek (Rotatoria) és az alsóbbrendű rákok (Crustacea) két csoportja a Cladocera-k és a Copepoda-k. Mindhárom csoportban vannak szűrő és ragadozó zooplankton szervezetek. A Rotatoriá-k között ritka a nagytestű ragadozó,

legtöbbjük kisméretű algákkal (1 - 4  $\mu\text{m}$ ) és szerves részecskékkel táplálkozik. A csillókoszorú mozgatásával a szájüregbe sodort táplálékot ülepítéssel szerzik meg. A Cladocera-k halastavakban előforduló fajai, a Copepodá-k közül viszont inkább csupán a Calanoidá-k a szűrő szervezetek. A legfeljebb 20 (-30)  $\mu\text{m}$  méretű táplálékukhoz nem ülepítéssel, hanem aktív szűréssel jutnak hozzá. A Copepodá-kon belül a Cyclopidá-k egy része ragadozó. A kistestű zooplankton szervezetek mellett azonban fogyasztanak nagyobb méretű, például fonalas algákat is.

Télen a Cladocera-k gyakran teljesen hiányoznak a vizekből. A téli időszakot tartós- vagy téli-peték alakjában vészelik át és csupán tavasszal kelnek ki. Szaporodásuk többnyire szűznemzés, de a Copepodá-k ivarosán szaporodnak. A Copepoda rákok naupliusz lárváiknak köszönhetően a téli planktonban is többé-kevésbé nagy számban fordulnak elő. A naupliusz lárvák a rákok ivaros szaporodásával jönnek a világra és egyáltalán nem hasonlítanak a kifejlett állatokra. Csupán 10 - 12 vedlés után nyerik el végleges alakjukat. Télen a leggyorsabban a Rotatoriá-k fejlődnek. Tehát míg a Copepodá-k és Rotatoriá-k nagy része egész évben megtalálható a planktonban, addig a Cladocera-k csupán nyáron és ősszel láthatók a nyílt vízben.

#### 4.2. Üledéklakó szervezetek - kiváló ponty-táplálék

Az üledéklakók különböző rendszertani egységekhez tartoznak, nevezetesen: Protozoa, Rotifera, Annelida, Crustacea, Mollusca, Insecta. Előfordulásuk és fajgazdagságuk a táplálkozási, növekedési és szaporodási feltételektől függenek. Halastavakban a halak táplálékaként a *Chironomus*- és *Tubifex*-fajoknak van különös jelentősége.

Az üledéklakó rovarlárvaik közül a leggyakoribbak a *Chironomus*-fajok. Életük nagyobb részét lárva alakjában a vízben töltik, de a kifejlett imágó mindig elhagyja a vizet. Az üledék felszínére épített lakócsőben élnek. Táplálékukat szűréssel vagy az alzathoz tapadt szerves anyag eltávolításával szerzik meg. Szinte kizárólag algákkal táplálkoznak. Testük ritmikus mozgásával vízáramot keltenek a lakócsőben, így a naponta kiülepedett és többnyire elpusztult algáknak akár a 10 %-át is elfogyaszthatják. Intenzív táplálkozásukhoz és szaporodásukhoz oxigénben gazdag üledékre van szükségük.

A gyűrűsférgekhez tartozó *Tubifex tubifex* tisztán üledékfogyasztó. Fejjel lefelé beássa magát az üledékbe és a tápcsatornáján keresztül nagy mennyiségű üledéket szállít a felszínre. Az üledék szerves anyagtartalmának a növekedésével nő a *Tubifex* egyedszáma is. Az üledék 1-3 cm-es rétegeire korlátozódó táplálkozása sohasem terjed ki az üledék közvetlen felszínére vagy a 6 cm-nél mélyebb rétegekre.



A tóban lévő szervesanyag alapvetően a zooplankton és az üledéklakó szervezeteken át jut el a halakig. Megfelelő polikultúrával és népesítéssel biztosítható a két út haltápláló szervezetein alapuló haltermelő képesség legjobb kihasználása.

### **4.3. A vízi ökoszisztéma lebontó szervezetei - baktériumok és gombák**

Az elhalt szervezetek bomlása a tavakban gyorsan és két lépésben megy végbe. Az elpusztult szervezet szerves anyag vesztése először bakteriális közreműködés nélkül autolízissel megy végbe. A zooplanktonnál a pusztulás után azonnal felszabadul a szerves anyag mintegy 20 %-a, egy nap elteltével pedig a fele. A fitoplanktonnál néhány órán belül szabaddá válik a foszfor 25-75 %-a. Haltetemek egy nap alatt a szerves anyaguk 25 - 30 %-át veszítik el. Az intenzív bakteriális bontás csupán 12-24-órával a szervezetek pusztulása után kezdődik, aminek a helye (a felső meleg vagy az alsó hideg vízréteg) az elpusztult szervezetek ülepedési sebességétől függ. A bontásban résztvevő baktériumokba épült szerves anyag a baktérium → protozoa →zooplankton → hal fogyasztóláncon jut el a halakig. Tökéletes ásványosodásnál a termelő szervezetek hasznosítják a bomlástermékeket.

## **5. Tókezelés**

A tókezelési eljárásokkal növelhető a víz formált élő és élettelen szerves anyagainak a koncentrációja és ezzel a tó potenciális haltermelő képessége. A szervestrágyával bevitt kész szerves anyag azonnal rendelkezésre áll a fogyasztó szervezetek számára, de oxigénfogyasztása miatt csupán a reggeli órákban adagolható és akkor sem korlátlanul. Másrészt a zooplankton és a halak csupán a fitoplankton fogyasztásával juthatnak hozzá a létfontosságú telítetlen zsírsavakhoz. A fitoplankton biomasszájának/fotoszintézisének a növelése tehát nem csupán az O<sub>2</sub>-termelés miatt lényeges. A megfelelő tápanyag-ellátás az algák igénye alapján történhet.

A mész formái közül az égetett mész (CaO) algairtásra és az üledék fertőtlenítésére, a méshidráttal (Ca(OH)<sub>2</sub>) pedig a víz pH növelésére alkalmas. Az égetett mész vízzel érintkezve veszélyes, ezért a munkavédelmi előírások szigorú betartása elengedhetetlen.