

# **Hidroökológia**

**Sándor Alex, Dr. Nagy**

---

# Hidroökológia

Sándor Alex, Dr. Nagy

Publication date 2013

Szerzői jog © 2013 Debreceni Egyetem

TÁMOP-4.1.2.A/1-11/1 MSc Tananyagfejlesztés

Interdiszciplináris és komplex megközelítésű digitális tananyagfejlesztés a természettudományi képzési terület mesterszakjaihoz

---

# Tartalom

|                                                                              |    |
|------------------------------------------------------------------------------|----|
| Előszó .....                                                                 | v  |
| 1. Bevezetés .....                                                           | 2  |
| 2. A Bioszféra három fő entitása .....                                       | 3  |
| 1. Az ökológia rendszerek típusai .....                                      | 5  |
| 2. Néhány fontos sajátosság értékelése az élőlények szempontjából .....      | 9  |
| 3. Tesztfeladatok .....                                                      | 11 |
| 3. Vízi ökológiai rendszerek Földünk különböző szoláris égőveiben .....      | 12 |
| 4. A forró égőv vízi ökológiai rendszerei és működési sajátosságai .....     | 14 |
| 1. Fekete vízfolyások .....                                                  | 14 |
| 2. Átlátszó vízfolyások .....                                                | 15 |
| 3. Fehér vízfolyások .....                                                   | 16 |
| 4. Trópusi állóvizek .....                                                   | 18 |
| 5. A trópusi vizek működési sajátosságai .....                               | 18 |
| 6. Tesztfeladatok .....                                                      | 23 |
| 5. A hideg égőv vízi ökológiai rendszerei és működési sajátosságai .....     | 24 |
| 1. Északi Sarkvidék (Arktisz) .....                                          | 24 |
| 1.1. A tundra éghajlat az északi féltekén .....                              | 29 |
| 2. Déli-sarkvidék (Antarktisz) .....                                         | 30 |
| 2.1. Az állandóan fagyos éghajlat a déli féltekén .....                      | 32 |
| 2.2. A tundra éghajlat az északi féltekén .....                              | 34 |
| 3. Tesztfeladatok .....                                                      | 35 |
| 6. A mérsékelt égőv vízi ökológiai rendszerei és működési sajátosságai ..... | 36 |
| 1. Tesztfeladatok .....                                                      | 39 |
| 7. Magyarország vízi ökológiai rendszerei és működési sajátosságai .....     | 40 |
| 1. Hazánk legfontosabb víztértípusai .....                                   | 41 |
| 1.1. A vízforgalom jellege .....                                             | 41 |
| 1.2. Az állóvizek víztértípusai .....                                        | 42 |
| 1.3. A vízfolyások víztértípusai .....                                       | 48 |
| 1.4. Források víztértípusai .....                                            | 49 |
| 1.5. A felszín alatti vizek víztértípusai .....                              | 49 |
| 2. Tesztfeladatok .....                                                      | 50 |
| 8. A Duna .....                                                              | 51 |
| 1. Tesztfeladatok .....                                                      | 55 |
| 9. A Tisza .....                                                             | 56 |
| 1. Eredete, kialakulása .....                                                | 56 |
| 2. Sajátosságai .....                                                        | 60 |
| 3. Veszélyeztetettsége .....                                                 | 68 |
| 4. Tesztfeladatok .....                                                      | 73 |
| 10. Mellékfolyók, Kisfolyók .....                                            | 74 |
| 1. A Duna jelentősebb hazai mellékfolyói .....                               | 74 |
| 1.1. A Rába .....                                                            | 74 |
| 1.2. Az Ipoly .....                                                          | 75 |
| 1.3. A Sió .....                                                             | 75 |
| 1.4. A Dráva .....                                                           | 76 |
| 2. A Tisza jelentősebb hazai mellékfolyói .....                              | 76 |
| 2.1. A Túr .....                                                             | 76 |
| 2.2. A Szamos .....                                                          | 77 |
| 2.3. A Keleti-főcsatorna .....                                               | 78 |
| 2.4. A Bodrog .....                                                          | 79 |
| 2.5. A Sajó .....                                                            | 79 |
| 2.6. A Zagyva .....                                                          | 79 |
| 2.7. A Körösök .....                                                         | 80 |
| 2.8. A Maros .....                                                           | 80 |
| 11. A Balaton legnagyobb tápláló vízfolyása .....                            | 82 |
| 1. A Zala .....                                                              | 82 |
| 2. A Lónyay-főcsatorna .....                                                 | 82 |

|                                         |     |
|-----------------------------------------|-----|
| 3. Tesztfeladatok .                     | 94  |
| 12. A Balaton .....                     | 95  |
| 1. Tesztfeladatok .                     | 101 |
| 13. A Tisza-tó .....                    | 102 |
| 1. Tesztfeladatok .                     | 111 |
| 14. További jelentősebb állóvizek ..... | 112 |
| 1. Holtágak, holtmedrek, morotvák ..... | 112 |
| 2. Velencei-tó .....                    | 121 |
| 3. A Fertő-tó .....                     | 122 |
| 4. Kis-Balaton .....                    | 123 |
| 5. Anyaggödrök .....                    | 123 |
| 6. Halastavak .....                     | 124 |
| 7. Tesztfeladatok .                     | 125 |
| 15. Különleges vizek .....              | 126 |
| 1. Szikes vizek .....                   | 126 |
| 2. Termálvizek .....                    | 129 |
| 3. Tesztfeladatok .                     | 130 |
| 16. Irodalomjegyzék .....               | 131 |

---

# Előszó

A jelen digitális tananyag a TÁMOP-4.1.2.A/1-11/1-2011-0025 számú, "Interdiszciplináris és komplex megközelítésű digitális tananyagfejlesztés a természettudományi képzési terület mesterszakjaihoz" című projekt részeként készült el.

A projekt általános célja a XXI. század igényeinek megfelelő természettudományos felsőoktatás alapjainak a megteremtése. A projekt konkrét célja a természettudományi mesterképzés kompetenciaalapú és módszertani megújítása, mely folyamatosan képes kezelni a társadalmi-gazdasági változásokat, a legújabb tudományos eredményeket, és az info-kommunikációs technológia (IKT) eszköztárát használja.





---

# Online tesztek elérése

A fejezetek végén a linkre kattintva érhetők el.

Bejelentkezés a tesztkérdésekhez a Debreceni Egyetem Moodle oldalán:

Felhasználó: hallgato

Jelszó: Hallgato\_12

---

# 1. fejezet - Bevezetés

A bolognai folyamat eredményeként hazánkban bevezetett kétciklusú (BSc-MSc) képzés gyakorlati megvalósítása során, az egyes tudományterületeken a koncentráció és a diverzifikáció egymást váltó folyamatait figyelhetjük meg.

A Természettudományi képzési területen létrejött nagy alapszakok (Biológia, Biomérnök, Környezettan, Kémia, Fizika, Matematika, Földrajz) saját szakterületük legáltalánosabb alapozó ismeretanyagait gyűjtötték össze és adják át BSc szinten a hallgatóknak. A mesterképzések alapítása és indítása során azonban hirtelen meglehetősen sokszínűvé vált a kép és az ugyanazon alapszakokon végző hallgatók több mesterképzés közül választhatnak. A Debreceni Egyetemen a Biológia és a Környezettan BSc szakokon végzők például egyenes ágon, közvetlen bemenettel folytathatják tanulmányaikat MSc szinten a Biológus, Környezettudomány, Hidrobiológus, Biotechnológus, és Biomérnök mesterképzésekben.

Az egyes mesterképzések képzési tematikájának kialakítása során azonban ismét megjelenik az egységesítésre való törekvés, ami abban mutatkozik meg, hogy egyes diszciplínák azonos szakmai tartalommal – legtöbbször azonos félévben és egyeztetett időpontban – több mesterképzésben egyidejűleg jelennek meg. A hidroökológia tárgy például a Debreceni Egyetem Hidrobiológus, Környezettudomány, Biológus és Természetvédelmi Mérnök MSc szakjain is a kötelező tananyag része.

Ha az internetes keresőkben hidroökológia címszó alatt hazai leválogatást végzünk, akkor találunk néhány olyan hazai felsőoktatási intézményt, ahol ilyen kurzust hirdetnek. Szakmai szemmel vizsgálva azonban ezeket a tematikákat azt tapasztaljuk, hogy többnyire mindegyik a klasszikus hidrobiológia tárgykörébe sorolható kurzus, ahol elsősorban a víz, mint anyag fizikai, kémiai és biológiai szempontból fontos alapvető törvényszerűségeit tekintik át. A Debreceni Egyetemen ez a klasszikus hidrobiológia BSc szinten oktatott tantárgy, amely ismeretanyagának elsajátítása során a hallgatók a kontinentális vizekkel kapcsolatos – fentiekben részletezett – legalapvetőbb tudásanyag megismerése mellett részletes víztérítológiai és élőhelytípológiai ismereteket is szereznek, különös tekintettel a hazánkban előforduló víztérítípusokra.

A Debreceni Egyetemen MSc szinten hirdetett hidroökológia kurzus természetesen alapvetően a hidrobiológiára épül – így a jegyzetben szereplő alapfogalmak magyarázatait sem tartottuk szükségesnek minden esetben megadni – de hangsúlyozottan a vizek ökológiai sajátosságait helyezi az érdeklődés homlokterébe. A hidrobiológia hazai történetének nagy alakjai – Winkler Lajos, Maucha Rezső, Entz Géza, Sebestyén Olga, Woyanovich Elek, Felföldy Lajos – mellett megemlítendő, hogy a hidroökológiai szemlélet megerősödése Juhász-Nagy Pál elméleti alapozó tevékenysége nyomán, elsősorban Dévai György nevéhez fűződik. Feltétlenül hangsúlyozni kívánjuk, hogy a jegyzet sem szándékai szerint, sem lehetőségei szerint nem törekszik, nem törekedhet sem a szoláris éghajlati övek összes kontinentális vizeinek áttekintésére, sem a hazai vízfolyások és állóvizek teljes körű leírására, bemutatására. A jegyzet egyes fejezeteinek összeállítása során a fő szempont mindig az volt, hogy a tárgyalt térség, vagy víztér olyan jellemzését adjuk, aminek általános érvényű hidroökológiai jelentősége van, vagy valamely szempontból példaként tekinthető egy-egy hidroökológiai sajátosság, vagy törvényszerűség bemutatására.

A tananyag elején a Bioszféra három fő entitásának bemutatása és tárgyalása során elemezzük a vízi, vizes és szárazföldi ökológiai rendszerek közötti legalapvetőbb különbségeket. Ezt követően áttekintjük földünk nagy szoláris égővei – forró égőv, hideg égőv, mérsékelt égőv – kontinentális vizeinek vízi ökológiai szempontból legfontosabb jellemzőit és általános működési sajátosságait. Az átfogó kitekintés után hazai vizeinkre koncentrálnak. Előbb tárgyaljuk a legjelentősebb hazai vízfolyások, majd a legfontosabb állóvizek sajátosságait. Külön tárgyaljuk a – valamely szempontból – különlegesen számító vizek jellemzőit.

A tudásanyag mind hatékonyabb elsajátítása érdekében minden fejezet végén ellenőrző kérdések, ill. tesztek megoldásának segítségével a hallgatók saját maguk követhetik nyomon tudásanyaguk gyarapodását.

A jegyzet végén található irodalomjegyzék pedig nem csak arról tájékoztat, hogy mely irodalomból építkezik az anyag, hanem abban is segítséget nyújt, hogy a szakterület iránt mélyebben érdeklődő hallgatók tanulmányaik során bővebb forrásanyaghoz juthassanak.



---

## 2. fejezet - A Bioszféra három fő entitása

Ha a „hidroökológia” tárgykörének tartalmi vonatkozásait próbáljuk meghatározni, egyértelműnek tűnik, hogy ebben a témakörben a vizek ökológiai sajátosságainak vizsgálata áll az érdeklődés homlokterében. Sajnos azonban az ökológia, mint fogalom olyannyira sokat használt – sokszor tévesen használt – népszerű kifejezés, hogy igen fontos annak a tisztázása, hogy mi mit értünk egészen pontosan „ökológia”, ill. ökológiai szemléletmód alatt.

Az álláspontunk meglehetősen egyértelmű, ugyanis ragaszkodunk a Magyar Tudományos Akadémia Biológiai Osztályának állásfoglalásához, mely szerint „Az ökológia a biológiához, azon belül az egyed feletti (szupraindividuális) szerveződési szintekkel foglalkozó, szünbiológiához tartozó tudományág.”

Az ökológia tárgya, a populációkra és populációkollektívumokra hatást gyakorló ökológiai-környezeti, ill. az ezeket a hatásokat fogadó és ezekre reagáló ökológiai-tűrőképességi tényezők (millió- és toleranciafaktorok) közvetlen összekapcsoltságának vizsgálata, s ennek alapján az előfordulási sajátosságok ok-okozati (kauzális) összefüggéseinek megállapítása (komplementaritás).

Az ökológia feladata, azoknak a limitálással irányított (szabályzott és vezérelt) jelenségeknek és folyamatoknak (pl. együttélés, sokféleség, anyagforgalom) kutatása és a gyakorlat számára elérhetővé tétele, amelyek a populációk tér-időbeli és mennyiségi eloszlását és viselkedését ténylegesen kialakítják, valamint a bekövetkező változásokat befolyásolják, vagy meghatározzák.

Az ökológia tudományának három fő ismérve van:

- élőlényközpontság (populációközpontság)
- a külső és belső viszonyok, azaz a hatás és fogadás feltétlen összekapcsoltságának kitüntetése (komplementaritás elve)
- a valódi oksági kapcsolatok keresésének állandó igénye

A fenti meghatározás és ismérvek figyelembe vételével egyértelműen kijelenthető, hogy ha valaki az ökológia tudományát kívánja gyakorolni, akkor azt élőlények nélkül nem teheti (Majer 1994; 2004). Az élőlényekkel való foglalkozás során sem mindegy azonban, hogyan milyen szinten vizsgálódunk. Az ökológia tudományát ugyanis csak és kizárólag az élővilág egyed feletti szerveződési szintjeinek (populáció, faj, biocönózis, holocönózis, biom, bioszféra) vizsgálata során lehet művelni (1. ábra).

A **populáció** az egyed feletti szerveződési szintek alapegysége. A genetika tárgykörében úgy értelmezik, hogy egy fajhoz tartozó, egymással tényleges szaporodási közösséget alkotó egyedek halmaza, de az ökológiában az értelmezése kissé tágabb: Valamilyen statisztikai döntés kapcsán esszenciálisan azonos egyedek halmaza (közösségi szint).

A **faj**, a biológiai rendszerezés alapegysége, egyben taxonómiai kategória is. A leggyakoribb értelmezés szerint az élőlények egyedeinek olyan halmaza, amelyek egymással kereszteződve képesek szaporodni és termékeny utódot létrehozni (egyedi szint).

A **biocönózis** az ugyanazon az élőhelyen (biotóp) egy időben együtt élő populációk kapcsolatrendszer. Állat és növényfajok társulása, melyet jellemző fajkombináció, réteges elrendeződés, önszabályzó képesség, időbeli ismétlődés jellemez. Pl. tölgyes, nádas, mocsárrét, stb. (közösségi szint).

A **holocönózis**, egy térség társulásainak összessége ami növény- és állatföldrajzi egységeket alkot. Pl. a Bükk hegység vegetációja, az Alföld vegetációja, stb. (egyedi szint).

A **biom**, klimatikusan és földrajzilag meghatározott, ökológiai szempontból hasonló jellegű életközösségek együttese. A biomokat rendszerint az ökológiai szukcesszió és a klíma által determinált klimax vegetáció azonosítja. Nevüket általában a jellemző klimatikus viszony és a vegetációtípus alapján kapják. Pl. tajga, mérsékelt övi lombhullató erdő, patak, folyam stb. (közösségi szint).

A **bioszféra** a Föld kőzetburkának (litoszféra), vízburkának (hidroszféra) és levegőburkának (atmoszféra) azon része, ahol élet van és biológiai folyamatok zajlanak. Egy globális ökológiai rendszer, a földünkön előforduló összes élőlényrel és azok teljes, az élettelen és élő természettel fenntartott kapcsolatrendszerével együtt. Sajátossága az evolúció, ami a földi élet keletkezésével vette kezdetét (egyedi szint).



1. ábra: Az élővilág szerveződési szintjei

A komplementaritás elvéből egyértelműen következik az, hogy minden élőhelynek van egy feltételrendszere, ami az élőhelyet hasznosítani kívánó élőlények számára azokat a sajátosságokat jelenti, amelyeket az ott megtelepedni, élni és szaporodni kívánó élőlényeknek nem csupán elfogadniuk, hanem kifejezetten kedvelniük is kell ahhoz, hogy az élőhelyet benépesítő élőlény-együttes stabil tagjai legyenek.

A valódi oksági kapcsolatok keresésének állandó igénye pedig arra utal, hogy az ökológiai rendszerekben zajló állandó változási folyamat nem véletlenszerű események következménye, hanem minden változásnak van kimutatható oka, melyek megtalálása egy ökológia vizsgálat során alapvető, de egyáltalában nem egyszerű feladat.

Ha az ökológia alapvető vonatkoztatási rendszerének ábráját nézzük (2. ábra), egyértelművé válik, hogy ha a környék (exterior komplexum, milliőspektrum, milliő) együttesének kapcsolatrendszerét vizsgáljuk az élővilággal (interior komplexum, toleranciaspektrum, tolerancia) akkor ökológiai faktorokról csak akkor beszélhetünk, ha az adott környezet hatása és az élőlény toleranciája között közvetlen összekapcsoltság áll fenn. Ezek a kapcsolatok konkrét esetekben minden szerveződési szinten belül, és mindig tényleges helyzetben értelmezhetők.

Az exterior komplexum (külvilág), a környék elemeiből azoknak a megfigyelésen alapuló tényezőknek a csoportja, amelyek az adott populációra, vagy populációkollektívumra hatóképesnek tekinthetők, míg az interior komplexum (belvilág), egy adott populációnak, vagy populációkollektívumnak az evolúció során kialakult biológiai sajátosságaiból azoknak a tényezőknek a csoportja, amelyek a megfigyelések alapján a környék végtelen nagy számú tényezője közül, bármelyik szempontjából fogadóképesnek tekinthető.

A milliőspektrum az exterior komplexumból azoknak a tényezőknek a csoportja, amelyek a tapasztalatok alapján egy adott populációra, vagy populációkollektívumra hatóképesnek minősíthetők, s így azok tér, idő,

menyiségbeli eloszlási mintázatát limitálhatják. Csak valamilyen szünbiológiai történet, vagy jelenség létrejöttékor válik értelmezhetővé.

A toleranciaspektrum egy adott populációra, vagy populációkollektívumra megállapított interior komplexumból azoknak a tényezőknek a csoportja, amelyek a tapasztalatok alapján fogadó és reagáló képesnek minősíthetők, s így a környezeti hatások által limitálhatók. Mindig valamilyen szünbiológiai történet, vagy jelenség létrejöttékor válik értelmezhetővé.



2. ábra: Az ökológia alapvető vonatkoztatási rendszere (Dévai Gy. nyomán)

Az ábra egy statikus állapotot mutat, de az ökológiai rendszerek működésének nyilvánvalóan fontos sajátossága, az időben történő folyamatos változás is. A változások mind a környezet, mind a tűrőképesség vonatkozásában bekövetkezhetnek.

Ha a környezet változik, akkor a változást önmagában nem lehet jónak, vagy rossznak, nyilvánítani, mert minden változás hatásának értékelése csak akkor nyer értelmet, ha azt összefüggésbe hozzuk az élőlényekkel. Egy a környezetben bekövetkező változás hatása egyes élőlényekre, vagy élőlénycsoportokra nézve lehet indifferens, ha az adott élőlény(csoport) nem érzékeny a bekövetkezett változásra, lehet pozitív hatású, ha az adott élőlény(csoport) számára kedvezőbb viszonyokat teremt, de lehet negatív is, ha a bekövetkező változás az adott élőlény(csoport) számára kedvezőtlen.

Természetesen az élőlények tűrőképességében is bekövetkezhetnek változások. Egyik lehetséges eset az, ha az élőlények tűrőképessége egy-egy környezeti hatással szemben csökken, de előfordulhat az is, hogy az adott élőhelyet benépesítő élőlények toleranciája úgy változik, hogy jobban alkalmazkodnak a megváltozott feltételekhez.

A második ábra általánosít, azaz bármely ökológia rendszerre érvényes. Amikor a Hidroökológia tárgykörében vizsgálódunk, akkor nyilvánvaló, hogy a vízi ökológia rendszerekben bekövetkező változásokat elemezzük.

## 1. Az ökológia rendszerek típusai

A XX. század végén nagyon jelentős változás következett be a földi ökológiai rendszerek tipizálásában. Korábban két nagy és alapvető élőhelytípust különítettek el: a vízi (akvatis) és a szárazföldi (terresztris) rendszereket. Mindig is nyilvánvaló volt azonban, hogy a kettő között létezik egy átmeneti tartomány, mivel bizonyos élőhelyeket soha nem tudtak egyértelműen a két kategória közül valamelyikbe besorolni. Ezeket ezért különböző önálló nevekkkel illették: angolul például a „wetland”, magyarul a „vízenyős területek” nevet kapták. Hosszú ideje sejtették azonban, hogy ezek az élőhelyek egészen egyedi sajátosságokkal rendelkeznek, s bár tényleg egy félúton lévő világot képviselnek a két ismert rendszer között (Smith 1996), önállóságuk aligha vitatható. Ezt a helyzetet oldotta fel két amerikai kutató, Mitsch és Gosselink (1993) korszakalkotó könyvükben, s ezzel megteremtették a szakmailag is helytálló alapot a harmadik alapvető élőhelytípus elkülönítésére. Ezt a szakmai szóhasználatat szemiakvatisnak tekintett élőhelytípust a nemzetközi irodalom a „wetland” névvel illeti.

A természeti egységek (entitások) három alapvető típusának fő ismérvei Dévai és munkatársai közleménye (2001) alapján a következőképpen foglalhatók össze.

Szárazföldi (terresztris) élőhelyeknek minősülnek azok a természeti egységek, amelyeknél a felszínen szabad víztükör, a talaj felső rétegében pedig vízzel való átitatás tartósan egyáltalán nem fordul elő, csak legfeljebb időszakosan és rövid ideig (pl. nagyobb esőzések alkalmával) észlelhető, s ezért közepes vagy kis vízigényű és a szárazságot jól elviselő növényállományokkal (pl. félszáraz és száraz gyepekkel, üde és száraz lomboserdőkkel, fenyőerdőkkel – vö. Fekete et al. 1997), ill. azok jól felismerhető maradványaival jellemezhetők.

Vízi (akvatis) élőhelyeknek minősülnek azok a természeti egységek vagy azok meghatározott részei, amelyeknek a középvízállásra vonatkoztatott felületarányos átlagmélysége a két métert meghaladja, s bennük makrovegetáció nem található. Ezeknek a víztereknek a felületarányos víztömege általában igen jelentős, vízforgalmuk szinte kivétel nélkül eusztatikus jellegű. A vízi élőhelyekhez tartoznak a felszíni vizek tipológiai kategóriái közül az állóvizeknél a nagy-, a mély- és a sekélytavak, ill. a kopolyák egy része, a vízfolyásoknál pedig a folyamok és a nagyfolyók, ill. a közepesfolyók egy része, mégpedig vagy teljes terjedelmükben, vagy csak bizonyos, bár általában nagyobb (makrovegetációval nem borított) részükben. Ezeknek a víztereknek a felületarányos víztömege általában igen jelentős, vízforgalmuk szinte kivétel nélkül eusztatikus jellegű.

Vizes (szemiakvatis) élőhelyeknek (a nemzetközi terminológia szerint "wetland"-nek) minősülnek azok a természeti egységek, amelyeknek felületarányos átlagos vízmélysége – középvízállás esetén – a két métert nem haladja meg, az ennél mélyebb víztereknek pedig azok a részei, amelyeknek legalább egyharmadát makrovegetáció (hínár- és/vagy mocsári- és/vagy szegélynövényzet) borítja vagy kíséri. Ide sorolhatóak továbbá azok a természeti egységek is, ahol olyan hidromorf talajok találhatók, amelyeknek felső rétege tartósan vagy legalább hosszabb időtartamig vízzel átitatott, s ezért jellegzetes, többnyire nagy vízigényű vagy jó víztűrő növényállományokkal (nádasokkal, magassásosokkal, láp- és mocsárrétekkel, mocsári gyomtársulásokkal, iszap- és zátonynövényzettel, nedves és vakszikesekkel, láp- és mocsárerdőkkel, bokorfüzesekkel, puha- és keményfaligeterdőkkel, égerligetekkel – vö. Fekete et al. 1997), ill. azok jól felismerhető maradványaival jellemezhetők.

A vizes élőhelyekhez tartozó víztereknek és víztesteknek a felületarányos víztömege általában csekély, a vízszíntingadozás pedig többnyire számottevő mértékű, sőt szárazabb időszakokban igen jelentős is lehet. Ennek megfelelően ezeknek a víztereknek és víztesteknek a vízforgalma ritka kivételektől (pl. bizonyos láptípusoktól) eltekintve legfeljebb szemisztatikus, de jórészt inkább asztatikus jellegű. Ennek figyelembe vétele különösen a nagyobb, teljes egészükben eusztatikus víztereknél nagyon fontos, hiszen ennek a sávnak az élővilága könnyen sérülhet olyan mértékű vízszíntingadozás esetén is, aminél magának a teljes víztérnek a vízforgalma még nem változik alapvetően (Padisák 2005).

Az ilyen típusú (tehát nem víztérnek minősülő) vizes élőhelyek csoportosítására és jellemzésére a Nemzeti Biodiverzitás-monitorozó Program keretében kidolgozott "Általános Nemzeti Élőhely-osztályozási Rendszer (Á-NÉR)" kategóriáit javasoljuk elfogadni (Fekete G. et al., 1997). Ezeknek az élőhelyeknek a vízforgalma túlnyomórészt asztatikus jellegű, legfeljebb néhány esetben (pl. a lápréteknél) beszélhetünk szemisztatikus típusról. Szabályszerű vízforgalmuk jellegét viszonylag ritkán határozza meg a felszíni vízborítás. A vízforgalom jellegét döntő módon a talajvíz mennyisége és ingadozásának mértéke határozza meg, mégpedig típusonként különböző mértékben.

A wetland típusú élőhelyekkel foglalkozó munkákból nyilvánvaló, hogy ezt a fogalmat azoknak a víztereknek vagy ezek olyan részeinek (víztestjeinek) a megjelölésére használják, amelyeket nem tekintenek igazi



víztereknek, de amelyeknél a víz jelenléte vagy legalább a hatása mégis döntő jelentőségű. Az ilyen típusú objektumok fő ismérvei a következőkben fogalmazhatók meg.

- A szárazföldi területektől egyértelműen a víz állandó jelenlétével (legkedvezőtlenebb esetben a talaj tartós átítatódásával) térnek el, a valódi vízi objektumoktól (pl. a mélytavaktól, a folyamoktól és a folyóktól) pedig az állandóan meglévő vagy a rendszeresen (pl. a mérsékelt égöv sekély vizeiben évenként) újraképződő dús makrovegetációjukkal különülnek el.
- Vízjárasi viszonyaik alapvetően kétfélék és nagyon sajátosak. Lehetnek, ugyanis állandóan vízzel borítottak és akkor többnyire kifejezetten eusztatikus vízforgalmúak (mint pl. a boreális tőzegmohalápok), vagy változó mértékben elárasztottak és akkor jellegzetesen asztatikus vagy esetleg szemisztatikus vízforgalmúak (mint pl. a mocsarak különböző típusai vagy a mérsékeltövi sekély vizek többsége).
- Jellegzetes vegetációval borítottak, amelyek elemei alkalmazkodtak a nedves körülményekhez, az állandó vagy váltakozó vízborításhoz, s hiányzanak belőle az elárasztást nem tűrő (azzal szemben intoleráns) elemek.
- Különleges tulajdonságú, szerves anyagokban igen gazdag és általában anoxikus talajokkal és üledékekkel jellemezhetők, amelyek egyik szomszédos területen, azaz sem a szárazföldön, sem a mélyebb nyíltvízi területeken nem fordulnak elő gyakran és meghatározó mértékben. Talajának, ill. üledékének éppen az a különlegessége, hogy szerves anyagokban gazdag és oxigénben szegény. A szárazföldi élőhelyeket ugyanis e tekintetben – általánosságban – oxigénben és szerves anyagban gazdagnak, míg a vízi élőhelyeket mindkét szempontból szegénynek tartjuk.
- A biogeokémiai ciklusban elfoglalt helyük egészen egyedi, mivel nemcsak az átalakítási folyamatok jelentős szinterei, hanem egyrészt a szárazföld felől bejutó tápanyagok fontos elnyelőinek tekinthetők (allochton anyagok gyűjtőhelye) másrészt viszont – a mélyebb nyíltvizek viszonylatában – a tápanyagok számottevő forrásai is lehetnek (autochton anyagok aktív termelője).
- Produktivitásuk természetes körülmények között is általában magas, szemben a közepesen vagy gyengén produktív szárazföldi ökológiai rendszerekkel és a kifejezetten alacsony produktivitású mélyebb vizekkel.

Ezeknek a jellegzetes vonásoknak az áttekintése alapján aligha férhet kétség ahhoz, hogy a wetlandek alapvetően különböznek mind a szárazföldi, mind a vízi ökológiai rendszerektől, s azokhoz viszonyítva a legtöbb szempontból átmeneti helyzetet foglalnak el. Igen sok esetben ez nemcsak elméletileg, hanem a valós térben is jelentkezik, hiszen ténylegesen is részben elválasztják, részben összekötik a szárazföldi és a vízi ökológiai rendszereket (gondoljunk csak a tó- és a folyópartokat kísérő, mocsári és hínárnövényekből álló sávokra, a tengerparti sós mocsarakra vagy mangrove-erdőkre). Ezek az átmeneti sávok, az ún. ökotónok, nagyon fontos és sokoldalú kiegyenlítő szerepet játszanak a két rendszer között, így mintegy félúton lévő világot jelentenek a szárazföldi és a vízi ökoszisztémák között, amely mindkettőnek számos jellegzetességét mutatja.

Ez a sajátos helyzet egyúttal azt is jelenti, hogy a wetlandeket határoló két közegnek a törvényszerűségei nem érvényesek rájuk maradéktalanul, sőt sok esetben még áttételesen sem. Ennek a köztes állapotnak ökológiai értelemben óriási jelentősége van, főleg két szempontból. Szerkezetileg (strukturálisan) a wetlandek – elsősorban a sokoldalú és szerteágazó táplálékháló, ill. a rendkívül gazdag biodiverzitás miatt – olyan "biológiai bőségszarunak" tekinthetők, amelyeknek kiemelkedő szerepük van a flóra és a fauna gazdagságának megőrzésében, változatosságának fenntartásában, a menedékhelyek biztosításában, a visszatelepülés lehetőségeinek megteremtésében. Működésüket tekintve (funkcionálisan) viszont – nagyon találóan – a "táj veséjének" nevezhetők, mivel egyrészt igen hatékonyan vesznek részt a hidrológiai és a kémiai körfolyamatokban, s ezzel közvetve a földi klíma globális szabályozásában, másrészt pedig visszatartó szerepük van a természetes tápanyagterhelés vagy a művi forrásokból származó szennyeződések továbbjutásában.

Mindezek alapján jogosnak lehet tekinteni a modern wetland-kutatás két meghatározó személyiségének, William J. Mitsch és James G. Gosselink (1993) amerikai tudósoknak azt a megállapítását, hogy "A wetlandek a táj legfőbb jellegzetességei a világ csaknem minden részén". S valóban, ha végigtekintünk gondolatban a különböző geológiai korok vagy a korai civilizációk fejlődéstörténetén, akkor jogosnak tartjuk azt a megállapítást, hogy a vizes élőhelyek mindig a Föld legjelentősebb ökológiai rendszerei közé tartoztak (gondoljunk csak pl. a karbon hatalmas mocsaraira, vagy az egyiptomi és az azték kultúrákra). Így van ez jelenleg is, azzal a lényeges különbséggel, hogy ma már a területileg vésszenen megfogyatkozott és sok helyen erősen leromlott állapotú vizes élőhelyek a legjobban veszélyeztetett ökológiai rendszerek közé tartoznak.

A wetland típusú élőhelyek jelentős nagyságú területet borítanak mindegyik kontinensen (az Antarktisz kivételével) és minden klímazónában. Jól megalapozott becslések szerint a szárazföldek területéből még napjainkban is mintegy 8,6 millió km<sup>2</sup>-t fednek le, ami az összfelület 6,4%-ának felel meg. Ennek valamivel több mint felét (56%-át) a trópusi és a szubtrópusi területeken találjuk, a fennmaradó rész túlnyomó többsége pedig a boreális láp- és mocsárvidékekre esik. Ezeknek az adatoknak az alapján megállapítható, hogy a mérsékelt égöv különösen szegény vizes élőhelyekben, azaz itteni, s ezáltal hazai megbecsülésükre különösen ügyelni kell. Ennek a szándéknak megvalósulásában azonban csak akkor lehet megalapozottan reménykedni, ha egyértelműen és világosan meg tudjuk mondani, hogy mit is értünk hazai viszonylatban a wetland fogalmán.

A nemzetközi terminológiában általánosan használt és elfogadott "wetland" kifejezés szó szerinti magyar fordítása "nedves föld". Nyilvánvaló, hogy ettől az értelmezéstől el kell tekinteni, hiszen a mindennapi szóhasználatban ez az összetétel mást jelent. A magyar nyelvben van egy kitűnő kifejezés a fogalom szűkebb értelmezésére, a "vizenyős terület". Ezt a szóösszetételt a népnyelv az olyan területek megjelölésére alkalmazza, amelyet a magas talajvízállás állandóan nedvesen tart, és mocsarassá, sűppedőssé tesz. Az előbbieken elmondottak szerint azonban nem lehet vitás, hogy a jövőben mindenképpen a szélesebb körű értelmezést ajánlatos használni a magyar szaknyelvben is. A "vizes terület", mint a "wetland" magyar megfelelője, azért nem jöhet szóba, mert a fogalom – mint láttuk – egyre inkább megtelik biológiai-ökológiai tartalommal is, s ezért csak olyan kifejezés ajánlható, amelyben ez a lényeges szemléleti változás is egyértelműen tükröződik. Ebből a megfontolásból kiindulva a kérdésben talán legilletékesebb szervezet, a Ramsari Egyezmény Magyar Nemzeti Bizottsága a hazai szaknyelvben a "vizes élőhely" kifejezés meghonosítását javasolta a "wetland" magyar megfelelőjeként.

A magyar elnevezés azonban a kérdésnek csak a formai, vagyis a kevésbé fontos – bár korántsem elhanyagolható – oldala. Tartalmi szempontból a helyzet ennél sokkal nehezebb. A legismertebbnek és a legáltalánosabban elfogadottnak tekinthető meghatározások áttekintéséből ugyanis kitűnik, elég nagy különbség van közöttük abban a tekintetben, hogy milyen területek tartoznak a vizes élőhelyek közé. A legáltalánosabb értelmezés szerint Magyarországon az igazi vizektől kezdve az ártéri keményfás ligeterdőkig szinte minden, tehát az ország területének igen jelentős része vizes élőhelynek tekinthető. Nyilvánvaló azonban, hogy ez az álláspont nem fogadható el, s ezért szükség van valamilyen szűkítésre, mégpedig egy olyan operatív fogalom meghatározásra, amelynek alapján egy területről egyértelműen és egyetemesen eldönthető, hogy a vizes élőhelyek kategóriájába tartozik-e. A szűkítés mind a valódi vízi, mind az igazi szárazföldi rendszerek felé szükséges és indokolt.

A vízi rendszerektől való elhatárolás egyrészt a víz mélysége, másrészt a makrovegetáció jelenléte alapján történhet. A vízmélység esetében azt a vízoszlopmagasságot célszerű határnak tekinteni, aminél hazai körülmények között általánosságban makrovegetáció jelenhet meg. Ez két méternek vehető, de ezt az értéket a sekélyvizek medermorfológiai jellege miatt érdemes felületarányos (tehát a meder teljes felületére vonatkoztatott) átlagmélységként értelmezni, a hazai humiditási-ariditási viszonyokra való tekintettel pedig célszerű a középvízállásra vonatkoztatni.

Mindebből kiindulva mindazokat a vizeket vizes élőhelynek kell tekinteni, amelyekben középvízállás esetén a felületarányos átlagmélység a két métert nem haladja meg. A vizes élőhelyekhez tartoznak tehát a felszíni vizek tipológiai kategóriái közül teljes terjedelmükben az állóvizeknél a kopolyák jelentős része, továbbá valamennyi kistó, fertő, láp, mocsár és kisvíz (pl. tömpöly, dagonya, tocsogó). A vízfolyásoknál pedig a közepesfolyók egy része, továbbá valamennyi kisfolyó és kisvízfolyás (pl. csermely, ér), amelyet általában dús makrovegetációjuk is jelez. A meghatározás szerint azonban a kifejezetten sekély, de valamilyen sajátos okból – gyors kiszáradás, a nagyfokú zavarosság, a hipertróf jelleg, a beárnyékoltság, a sebes folyás, ill. ezek valamilyen kombinációja miatt – teljesen vagy jórészt növényzetmentes vizek is – pl. az erősen eutrofizálódott kopolyák és kistavak, a szikes vizek, a pocsolyák, az erdei tömpölyök, a kisfolyók, a patakok – teljes egészükben a vizes élőhelyek sorába tartoznak.

Abban az esetben, ha a víztér felületarányos átlagmélysége két méternél nagyobb (Balaton, Lázberci-tározó, Duna) akkor a vizes élőhelyek tipikusan szegély (ökotón) jellegűek. Ilyenkor a medernek csak azt a részét lehet a vizes élőhelyekhez tartozónak venni, ahol a partmenti sávot – állóvizek esetében – meghatározó mértékű hínár- és/vagy mocsárinövényzet borítja, ill. – főleg vízfolyásoknál – kifejezetten partszegélyi (azaz teljesen vagy legalább részben vízben álló) növényállományok (hinarasok, mocsárinövényzet és/vagy magaskórósok, égeresek, bokorfüzesek) kísérik. Ezeknek a vizeknek az ilyen jellegű részeit habituálisan jól elkülönülő víztesteknek tekintjük, s mint ilyeneket soroljuk a vizes élőhelyek közé. Ha ezeknél a vizeknél a partszegélyi makrovegetáció borítása a part mentén hosszanti irányban nem teljes, hanem különböző okokból (egyrészt természetes módon, mint pl. a kanyargó folyók meandereinek külső ívén lévő szakadópartoknál, másrészt mesterséges beavatkozások következményeként, mint pl. horgászállások és csónakkikötők létesítése, kotrási

munkálatok miatt) megszakított, akkor mindazokat az üres közöket a vizes élőhelyhez tartozónak vesszük, amelyek nem nagyobbak a szomszédos növényállományok átlagos hosszánál. Keresztmetszetben – azaz a meder közepe felé – a vizes élőhely határát ezeknél a vizeknek hazai viszonyok között általában a közepes vízállásnak megfelelő két méteres mélységi szintvonal jelöli ki, kivéve, ha a növényállományok ezen a határon túlnyúlnak (pl. feltűnően tiszta, nagy átlátszósággal rendelkező vizekben).

A szárazföldi rendszerektől történő elhatárolás sokkal nehezebb, különösen a magyarországi klimatikus adottságok mellett. A nemzetközi szakirodalom ugyanis elsősorban a hidrológiai és a talajtani adottságokat tekinti az elkülönítés szempontjából mérvadónak. A vizes élőhelyek kategóriájába sorol minden olyan területet, amelyet hidromorf talajok borítanak, s ahol a talaj felső rétege tartósan vagy legalább időszakosan vízzel átitatott. Ennek a szempontrendszernek a figyelembevételével hazai körülmények között egyedül a láptalajokkal borított területek besorolása egyértelmű, a többi talajtípus (pl. öntéstalajok, réti talajok) esetében legalább egy egész vegetációperiódust (sőt szárazabb periódusokban, mint pl. az utóbbi években több évet is felölelő) átfogó vízháztartási vizsgálatokkal lehetne csak eldönteni, hogy az adott területet vizes élőhelynek lehet-e minősíteni.

Szerencsére az élővilág összetétele kitűnően jelzi (indikálja) mindezeket az adottságokat, s ráadásul nemcsak a jelenlegi helyzetről, hanem az előzményekről is tájékoztatást nyújt, s ez által a terület átfogó és sokoldalú megítélését teszi lehetővé. Mindebből tehát az következik, hogy ökológiai alapon, azaz az élőlénytársulások fajösszetételének vizsgálatával egy adott területnek a vizes élőhelyek közé történő besorolása hazai körülmények között is egyértelműen megtörténhet. Tekintettel arra, hogy a cönológiában jelenleg még csak a növénytársulások rendszere tekinthető egy objektív és operatív elkülönítéshez szükséges alapossággal kimunkáltnak, a vizes élőhelyek kategóriájába történő besorolást ezen az alapon lehet és célszerű elvégezni.

Növénytársulástani alapon – a vizekhez tartozónak minősülő valódi vízinövényzettel, ill. a különböző típusú lápi és mocsári növénytársulásokkal jellemezhető területek mellett – egyértelműen vizes élőhelynek kell tekinteni mindazokat a területeket, amelyeket nádasok, magassásosok, láprétek, mocsárrétek, nedves és vakszikesek, láperdők, bokorfüzesek, puha- és keményfa-ligeterdők, szubmontán égerligetek, magaskórós társulások, mocsári gyomnövényzet, iszap- és zátonynövényzet, továbbá mindezek jól felismerhető maradványai borítanak (Zólyomi 1981).

## 2. Néhány fontos sajátosság értékelése az élőlények szempontjából

A három nagy entitás közötti különbségek értékelésénél néhány esetben érdemes részletesebben elemezni, hogy az egyes élőhelytípusokat hasznosítani kívánó élőlények milyen sajátos körülményekkel találják szembe magukat. Az alábbiakban ezeket tekintjük át röviden. Az áttekintésben először azokat a sajátosságokat vesszük sorra, amikor a vízi és vizes élőhelyek valamely szempontból egy csoportba sorolhatók és együtt különböznek jelentős mértékben a szárazföldi élőhelyektől, majd azokat tekintjük át, amikor a vízi és vizes élőhelyek közötti lényeges különbségről kell beszélnünk.

A vízi és vizes élőhelyek összevetése a szárazföldi élőhelyekkel.

- Minden élőlény számára meghatározó az a közeg, amelyben él. A víz folyékony halmazállapotában 775-ször sűrűbb, mint a levegő, mely sajátosságnak több fontos és alapvető következménye van. A vizekben mozgó élőlényeknek sokkal nagyobb közegellenállást kell leküzdeniük mozgásuk során, aminek nyilvánvalóan hatása van a mozgás sebességére, de jelentős szerepe van, a mozgásra fordítani szükséges energia felhasználásában is. A közegellenállás csökkentésére a vízi élőlényeknek az evolúció során sok esetben különleges, áramvonalas testű formái válogatódtak ki (halak).
- Szintén nagy jelentőségű az, hogy a víz sűrűségének köszönhető egy speciális élettáj, a pelagiál létrejött a vízi és vizes élőhelyeken. A pelagiálban élő élőlényeknek vagy lebegni kell tudniuk, vagy úszni. A plankton-szervezeteket – bakterioplankton, fitoplankton, zooplankton – (1. mozgókép, Zooplankton\_Trichocerca), amelyek lebegő életmódot folytatnak, elsősorban az különbözteti meg az aktív úszó nekton – halak, magasabb rendű rákok – szervezetektől, hogy a plankton tagjai képesek ugyan intenzív mozgásra, de mozgásukat nem tudják függetleníteni a vízmozgásoktól, azaz a víztömeggel sodródni. A nekton tagjai aktív úszók, így az aktuális vízmozgásoktól függetlenül is tudják változtatni helyzetüket.
- A vizek másik olyan jellegzetessége, amivel a szárazföldi élőhelyeknél nem találkozunk, a felszín felületi feszültsége. A vizekre ható gravitációs erő a föld középpontja felé préseli a vízmolekulákat, de mivel a folyadékok összenyomhatatlanok, a felszínen kialakul egy olyan felületi feszültséggel rendelkező hártya, ami

egy – szintén csak a vízi és vizes élőhelyekre jellemző – élettáj megjelenéséhez vezetett, amit faciálnak hívunk. A faciált, mint élettáját hasznosító élőlényeket alapvetően két csoportba sorolhatjuk. A pleusztion tagjai olyan a vízfelszíni élettájhoz kötődő élőlények, amelyek a vízmozgásoktól független, önálló mozgásra képesek. A neusztion tagjai szintén kötődnek a vízfelszíni élettájhoz, de az ide tartozó szervezetek a vízmozgásoktól független, önálló mozgásra nem képesek. Az életformatípusok kialakulása szempontjából árnyalja még a képet, hogy a vízfelületi hátyát benépesíthetik, vagy hasznosíthatják az élőlények mind a levegő felőli, mind a víz felőli oldalról. Így a konkrét életformatípus lehet epipleusztion (molnárkák, keringőbogarak, ugróvillások), hipopleusztion (árvaszúnyog lárvák, csigák, örvényférgék), epineusztion (mohák, baktériumok), ill. hiponeusztion (hidrák, kerekesszék, egysejtűek (2. mozgókép, Protozoa\_Euglena). Természetesen vannak olyan életformák is, amelyeknek egyik része a levegő felőli, a másik a víz felőli oldalon van (békalencse, békutaj).

- A víz igen sok anyagra nézve kiváló oldószer. A sók esetében például elmondhatjuk, hogy a földünkön előforduló minden természetes víz valamilyen töménységű sóoldatnak tekinthető. Ez lehet annyira híg, hogy só csak nyomokban fordul elő, de lehet annyira extrém sós is, mint a Holt-tenger vize. Az oldott formában lévő anyagok mellett a vizekben előfordulnak természetes kolloidok, emulgeált, szuszpendált, vagy formált anyagok is. Miután ezek többsége lebeg, vagy ha időlegesen ki is ülepedik, időről időre visszakerülhet a víztömegbe, a vízi és vizes élőhelyek élőlényeinek kedvelniük kell, de minimum el kell viselniük, ezeknek az anyagoknak az állandó jelenlétét. A szárazföldi élőlények esetében a levegő összetétele gyakorlatilag szinte változatlan (legfeljebb a tengerszint feletti magasság növekedésével csökken az oxigén aránya), és természetes körülmények között igen kevés esetben (tűz, vulkánkitörés) változik meg időlegesen annak a légnemű közegnek az összetétele, amiben a szárazföldi élőlényeknek létezniük kell.
- A közegek hőmérsékleti sajátosságait vizsgálva elmondható, hogy a víz fajhője igen nagy (4,2 kJ/kg °C), aminek következménye, hogy nagy energia befektetéssel, nehezen melegszik fel, de tartja is az elraktározott hőmennyiséget, azaz nehezen hűl le. Ezért a vizek hőmérsékleti szempontból sokkal állandóbb környezetnek tekinthetők mint a levegő, ahol igen nagy hőmérsékleti változások akár egy napon belül is bekövetkezhetnek. A hőmérsékleti változások a szárazföldi élőhelyek esetében extrém nagyok is lehetnek, pl. hazánkban nem ritka a 40°C nyáron, míg a téli időszakban akár -30°C-os hőmérsékletet is mérni, ami egy éven belül 70°C-os hőmérsékletkülönbséget jelent. A vizekben az alsó hőmérsékleti határ a 0°C, ami alatt a vizek befagynak, de a trópusi vizeket benépesítő élőlények többsége sem kedveli tartósan a 28°C-nál magasabb hőmérsékleti értékeket (nyilvánvalóan a speciális körülményeket kedvelő élőlényeket, pl. a hőforrások szűk benépesítő baktériumokat kivételként kell kezelni). A létezésnek ez a meglehetősen állandó és szűk hőmérsékleti tartománya a vízi élővilág esetében azt eredményezte, hogy olyan kis hőmérsékleti változások is jelentős hatással vannak a teljes metabolizmusukra, melyekre a szárazföldi körülmények között létező élőlények szinte nem is reagálnak.
- Mi emberek magunk is, de a számunkra fontos élőlények döntő többsége is oxigént belélegző, azaz aerob élőlény. A levegő oxigéntartalma mintegy 350mg/l, ami azt eredményezi, hogy a szárazföldi ökológiai rendszerek aerob élőlényei számára szükséges oxigénforrás mindig korlátlanul rendelkezésre áll. A vizekben ez már egyáltalában nincs így, hiszen a víz általánosan jó oldószer jellege ellenére, éppen az oxigén gáz oldódik benne meglehetősen rosszul. Ráadásul minél magasabb hőmérsékletű a víz, annál kevesebb oldott oxigént tud oldatban tartani. A levegőből a vízbe történő diffúziót követő oldódáson túl, a vizek elsősorban az autotróf szervezetek oxigéntermelése révén gazdagodnak oldott oxigénben. Fontos azonban azt is figyelembe venni, hogy ez az oxigéntermelő folyamat (fotoszintézis) csak fény jelenlétében működik. Mivel azonban minden vízben élő – autotróf és heterotróf – aerob élőlény életfolyamataihoz oxigént igényel, az élőlények oxigénigénye – kiegészülve a kémiai folyamatok lezajlásához, ill. a szerves anyagok lebontásához szükséges oxigénigénnyel – folyamatos. Az oxigéntermelés szakaszosságának és az oxigénfogyasztás állandóságának eredményeképpen, a vizekben rendelkezésre álló oxigéntartalomnak jelentős napi ingadozása lehet. Oligotróf vizekben, amiket az alacsony szerves és szervetlen tápanyagtartalom, kevés autotróf és heterotróf szervezet jellemez, a napi ingadozás mértéke kicsi, mert a kevés szervetlen tápanyagbázison kevés autotróf szervezet tud megélni, ami viszont kevés heterotróf szervezetnek jelent táplálékbazist. Így kevés oxigént termel ugyan az alacsony számú autotróf szervezet, de az oxigént igénylő szervezetek száma is kicsi, sőt a bomlani képes szerves anyag is kevés, ezért az oxigéntartalom napi ingadozásának mértéke kicsi marad. Eutróf vizekben magas a szervetlen tápanyagtartalom, ezen sok autotróf élőlény fejlődik, ami gazdag táplálékbazist jelent a heterotróf szervezetek számára, így azok mennyisége is sok. Ennek következményeként a sok autotróf szervezet sok oxigént termel, de mivel az élőlények egyedszáma magas, sőt a bomlani képes szervesanyagok mennyisége is sok, az oxigéntartalom napi ingadozásának mértéke jelentős. A napi ingadozás menetét vizsgálva elmondható, hogy a napi maximumok általában a késő délutáni órákban, a napi minimumok pedig a hajnali órákban jelentkeznek. Ha egy vízi ökológiai rendszerben azt tapasztaljuk, hogy az oldott oxigéntartalom délutáni maximuma 18 mg/l fölötti, szinte biztosak lehetünk abban, hogy ugyanott



mérve, hajnalban oxigénhiány fog jelentkezni. Ráadásul az oxigénnek a vizekben rendszerint függőleges rétegződése is megfigyelhető, azaz a mélyebb rétegek oxigénellátottsága sokkal rosszabb, mint a felszínhez közelebb lévőké. Mindezek következtében a vízi ökológiai rendszerek élőlényeinek egyrészt sokszor jelentősen változó oxigénviszonyokhoz, másrészt sokkal korlátozottabban rendelkezésre álló oxigénmennyiségekhez kell alkalmazkodniuk, nem úgy, mint a szárazföldi ökológiai rendszerek tagjainak.

A vízi és vizes élőhelyek összevetése.

A vizes élőhelyek – mint a korábban leírt jellegzetességeit jelzik – egyértelműen litorális jellegűek. Medrük lehet teljes mértékben litorális (sekély vizek), de természetesen értelmezhetők úgy is, mint a valódi (euprofundális, vagy abisszális) mélységi zónákkal rendelkező vizek keskeny, parti zónái. Miután a vízi élőhelyektől való elkülönítésük alapja egyértelműen a vízmélység, ezért ezt a szempontot előtérbe helyezve érdemes áttekinteni néhány olyan sajátosságot, amik az élőlények szempontjából fontosak lehetnek.

- A sekély vizeknek a vízfelülettel, ill. a vízgyűjtő területtel arányos térfogata a mély vizekhez képest többnyire csekély. Ennek legfontosabb következménye a bennük élő szervezetekre nézve, hogy a vizes élőhelyeken rendelkezésre álló víztömeg rendszerint lényegesen kisebb, mint a hasonló alapterülettel rendelkező vízi élőhelyeké.
- A sekély vizek esetében – a vízmennyiséghez viszonyítva – a víztömeg érintkezési felülete a mederrel, a partfelülettel és a levegővel a mély tavakénál jóval nagyobb, így az élőlények élőhelyének és életük közegének számító víz mind a meder felől, mind a part felől sokkal erőteljesebb és változatosabb külső hatásoknak van kitéve. A levegővel való nagy érintkezési felület pedig rendszerint nagy párolgási veszteségek előfordulásának lehetőségét vetíti előre.
- Sekély vizekben a rétegzettség (hő, oxigén, redoxipotenciál) rendszerint mulékony, ami az élőhelyi sajátosságok igen gyors változását eredményezheti. A vizes élőhelyeken élő szervezeteknek sokkal gyorsabban és sokkal jelentősebb mértékben változó környezeti feltételekre kell felkészülniük, s azokhoz alkalmazkodniuk.
- A sekély vizekben a víz felkeveredése a szélhatásoktól függően bármely hőmérsékleten bekövetkezhet. Tulajdonképpen ez a hatás akadályozza meg a tartós rétegzettség kialakulását is, de azt is jelzi, hogy a vizes élőhelyeken uralkodó aktuális élőhelyi viszonyok mennyire függenek a környezettől. Természetesen jelentős és gyors változásokat okozhatnak bennük olyan más, változó időjárási körülmények is, mint az eső, tartósan felhős idő, tartós erőteljes napsütés, stb., mely változások a vízi élőhelyek élőlényeiére csak áttételesen és csökkentett erővel hatnak.
- A sekély vizekben a trofogen réteg határa nem a víztömegben van, hanem az üledékben, vagy a víz-üledék érintkezési sávjában. Ezért a fényklíma a vizes élőhelyek vizének rendszerint teljes térfogatában lehetővé teszi a fotoautotróf asszimilációt, míg ez a folyamat a vízi élőhelyek estében az átlátszóság – trofikus állapottól függő mélységben, de feltétlenül bekövetkező – megszűnése miatt csak a felszíni, trofogen zónában működik. A vízi élőhelyek euprofundális, ill. abisszális rétegeiben, a fény hiányában már csak heterotróf élőlények tudnak megélni.
- A sekély vizekben a tápanyagok forgási sebessége a mély vizeknél nagyobb. Tulajdonképpen ez a sajátosság okozza azt, hogy a vizes élőhelyek tekinthetők egyértelműen a legproduktívabb entitásnak. A vízi élőhelyek produktivitása rendszerint olyan alacsony, hogy még a szárazföldi élőhelyek is nagyobb produktivitással rendelkeznek náluk.
- A felsorolt sajátosságok mellett a vizes élőhelyek léte, fennmaradása, belső folyamatainak alakulása szempontjából igen fontos megjegyezni azt is, hogy miután minden külső hatásra, így a környezeti szennyezésekre is sokkal érzékenyebben és szélsőségesebben reagáló élőhelyeknek tekinthetők, mint a vízi élőhelyek, ezért veszélyeztetettségük is sokkal nagyobb.

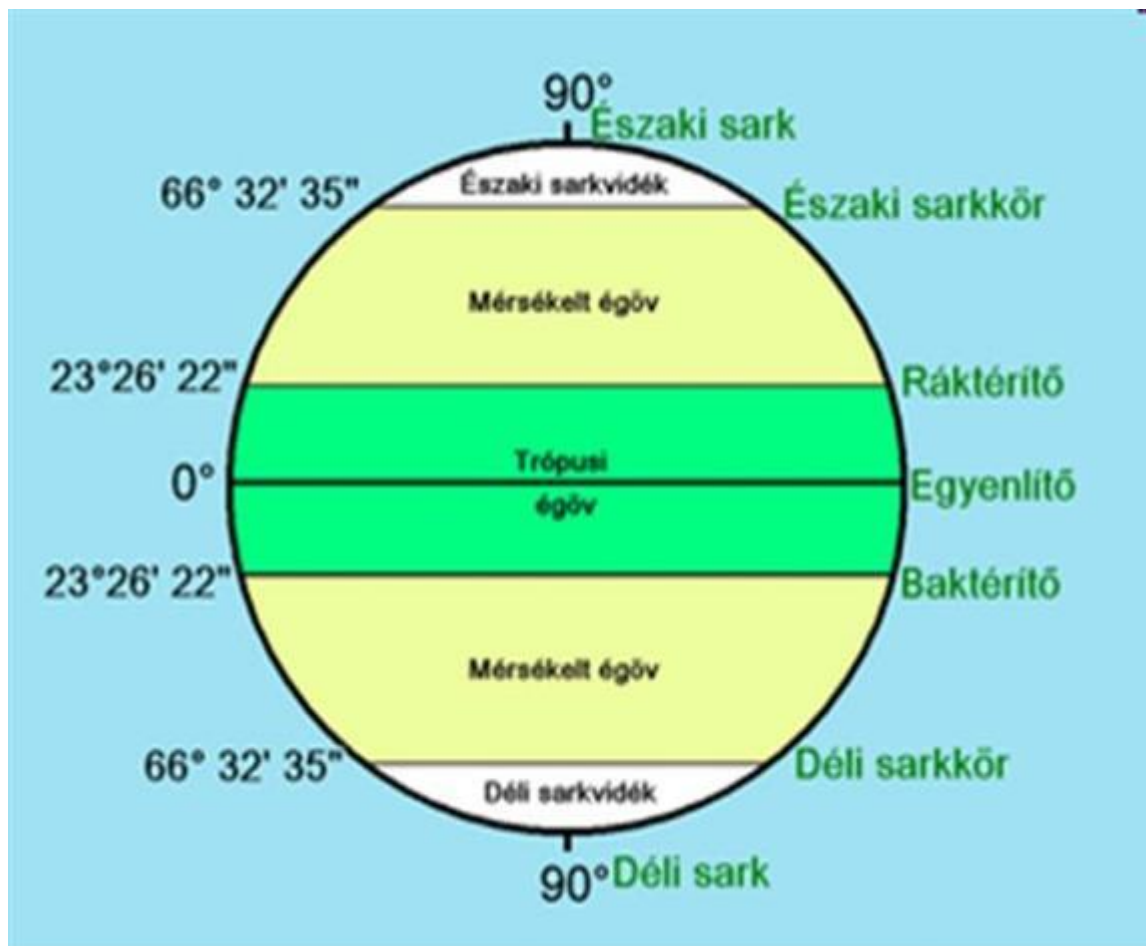
### 3. Tesztfeladatok .

### 3. fejezet - Vízi ökológiai rendszerek Földünk különböző szoláris égőveiben

Földünk az általunk eddig megismert univerzum egyetlen élőlények által benépesített bolygója. A Nap körüli keringése során legközelebb 147 millió km-re közelíti meg azt, míg legnagyobb távolságra 152 millió km-re távolodik el tőle. Figyelembe véve napunk nagyságát és életkorát, ez a távolságtartomány pontosan azon a határon belül mozog, ami által földünket az ún. élhető bolygók kategóriájába lehet sorolni, legalábbis azon életformák számára, amelyek jelenleg a Föld bioszféráját lakják.

A Föld jelenlegi nagy égőveinek létrejöttére és a földi bioszféra jelenlegi elrendeződésének kialakulására döntő hatással volt az, hogy a Föld forgástengelye mintegy  $23^{\circ}27'$ -es szögben elhajlik a pályasíkra függőlegestől, vagyis ilyen mértékű dőlésszöge van. Ha merőleges lenne, akkor nem léteznének földünkön évszakok. Mindkét sarkvidék örökös sötétségbe burkolózna, az egyenlítő vidéke a jelenleginél sokkal forróbb lenne, az igen keskeny élhető sáv a jelenlegi mérsékelt öv egy szűkebb területére koncentrálna, de ott sem lenne évszakováltás.

A térben állandóan egyirányú dőlés felelős ugyanis a Nap földünkről nézve látszólagos járásáért az éghajlati övek kialakulásáért (3. ábra) és az évszakok váltakozásáért.



3. ábra: Földünk nagy éghajlati övei ([www.vilaglex.hu](http://www.vilaglex.hu))

Amikor ugyanis az északi pólus mutat leginkább a Nap irányába, akkor az északi félgömbön a Nap látszólagosan a Ráktérítő szélességi körön (Ész:  $23^{\circ}26'22''$ ) tartózkodik. Az északi félgömbön nyár van, az északi sarkvidéken nem nyugszik le a Nap. Természetesen ilyenkor a déli félgömbön van tél, s a déli sarkvidék

sötétségbe burkolózik. Ezt a helyzetet az északi félgömbön nyári, a déli félgömbön téli napfordulónak nevezik, ugyanis ettől a naptól kezdve a Föld északi pólusa fokozatosan elfordul a Naptól, és a déli kezdi közelíteni. Ez az északi félgömből úgy látszik, hogy a Nap elindul déli irányba. Azt a helyzetet, amikor eléri a földrajzi egyenlítőt, az északi félgömbön nyári, a délin téli napéjegyenlőségnek nevezik. Innentől kezdve a déli féltekén kezdődik a nyár és az északi féltekén következik a tél. A Nap, látszólagos útja déli irányba egészen addig tart, amíg a déli pólus nem kerül legközelebb a Naphoz, ami akkor látszólagosan a Baktérítő szélességi körön (Dsz: 23°26'22'') tartózkodik. Ettől az időponttól kezdve a déli pólus kezd távolodni a Naptól, és az északi kezdi ismét megközelíteni. Egy teljes periódus megtételéhez 165 nap és 5 óra szükséges, ezért kellett a földi időszámításba beiktatni négyévenként egy-egy un. szökőévet.

A fenti sajátosságokból következő folyamatos változás a földfelszínt borító hidroszférára is állandóan módosító hatást gyakorol. Az egyes éghajlati öveken belül található vízi ökológiai rendszereknek azonban vannak olyan sajátosságaik, és működési jellemzőik, amelyek csak az adott éghajlati övben jellemzőek. Az alábbiakban ezeket tekintjük át.

---

## 4. fejezet - A forró égöv vízi ökológiai rendszerei és működési sajátosságai

A forró égövet köznapi szóhasználatnál trópusoknak nevezzük. A trópus kifejezés elhangzásakor igen sokan valamiféle dzsungelre gondolnak, pedig nem jelent mást, mint földünk felületének az északi szélesség 23°26'22" (Ráktérítő), és a déli szélesség 23°26'22" (Baktérítő) által határolt hengerpalástját, ami a földfelszín területének mintegy 43%-át foglalja el. Jellemző rá, hogy területének minden egyes pontja fölött zenitben egy éven belül kétszer alkalommal 90°-os szögben áll a Nap. A hengerpalást közepén húzódik a 0°-os szélességi kör, ami földünk leghosszabb szélességi köre, amit földrajzi egyenlítőnek nevezünk, melynek helye mindig változatlan. Ezt azért szükséges hangsúlyozni, mert a trópusi ökológiában a földrajzi egyenlítő mellett megjelenik még két másik fogalom, az aktuális egyenlítő és a klimatikus egyenlítő is, amelyek helye állandó változásban van. Az aktuális egyenlítő az a szélességi kör, amit látszólagosan körbejár egy adott napon belül a Nap, vagy más módon szólva földünk azon szélességi köre, ahová egy aktuális napon zenitben éppen 90°-os szögben süt a Nap. A klimatikus egyenlítő helye is folyamatosan változik, ugyanis ezt úgy értelmezzük, hogy ha a Föld hosszúsági körei mentén meghatározzuk az aktuálisan legmelegebb pontokat, s ezeket a pontokat összekötjük, akkor elméletben kirajzolódik egy olyan vonal, ami jelzi a Föld aktuálisan legmelegebb sávját. A klimatikus egyenlítő képzeletbeli helye a földrajzi egyenlítő körül ingadozik. Amikor az északi féltekén tartózkodik a Nap, akkor inkább északra, amikor a déli féltekén, akkor inkább délre tér el tőle. Az óceáni térségekben, ahol a víznek nagy kiegyenlítő szerepe van, az ingadozás mértéke kicsi, míg a kontinensek területén az ingadozás mértéke jelentős. Ennek oka, hogy a kontinensek sokkal erőteljesebben melegednek, mint az óceánok. Ezért ha az adott kontinens ott helyezkedik el, ahol éppen nyár van, akkor a legmelegebb területek helye jelentősen eltér az adott hosszúsági fokon a földrajzi egyenlítőtől.

A trópusokon előforduló vizeket alapvetően három nagy csoportba sorolhatjuk (fekete vizek, átlátszó vizek, fehér vizek) de érdekes módon ezek közül csak az átlátszó vizek felelnek teljes mértékben a nevükben foglaltaknak.

### 1. Fekete vízfolyások

A trópusok jellegzetes víztípusa, minden földrészen előfordul, ahol trópusi klíma van. Zárt trópusi esőerdőn folynak keresztül a vizek, amelyek régi, lekopott hegységekből erednek. Dél-Amerikában tipikus képviselője a Rio Negro (fekete folyó) és vízrendszere (1. kép), ami a Guayanai hegység gránit ősmasszívumaiból ered, de ilyen vizeket találunk Afrikában, a Kongói-medencét határoló hegységekből fakadó vizek esetében, vagy Ázsiában Borneo szigetén is.

A fekete vizek legszembeütőbb sajátossága természetesen a színük. Ez a víztípus nagy tömegben összegyűlve, valóban egészen sötétnek (feketének) látszik, kimerítve egy kis mennyiséget a víztömegből inkább barnás színűnek tűnik, de ha a Rio Negro vízgyűjtő területén áramló mellékfolyókat, vagy az azokba ömlő kisebb vízfolyásokat vizsgáljuk, akkor elmondható, hogy – a barna különböző árnyalatain belül – szinte mindegyik más-más színű.



1. kép: A Rio Negro (fekete folyó) víztömege Manaus közelében (a szerző saját felvétele)

Ennek oka vízgyűjtőterületük sajátosságaiban rejlik. A fekete vizek közös jellemzői közül elsőként az kell kiemelni, hogy mindegyikük régi, öreg, lekopott hegységekből ered. Ezek a hegységek nem csupán lekopottak, hanem az évezredek során rájuk zúduló intenzív trópusi esők következtében kilúgozódtak, hordalékanyagot a forrásvidékről a vizek nem szállítanak, szervesetlen tápanyagokban, különösen kalciumban (Ca), és magnéziumban (Mg), nitrogénben (N), foszforban (P) extrém szegények. Nem véletlenül állítják Sioli (1968) nyomán Goulding és munkatársai (1988), hogy ezek a vizek – ásványi anyagtartalom szempontjából – a világ legszegényebb vizei közé sorolhatók. A Rio Negro például ásványi anyag tartalmát illetően Gibbs (1971) szerint leginkább az esővízhez hasonlít. Ennek következménye, hogy a fekete vizek mindegyike oligotróf (Dévai és mtsai. 2001) jellegű. Miután alig van szervesetlen tápanyag a vízben, hiába az igen kedvezően magas vízhőmérséklet (26-28 °C), az autotróf szervezetek számára nincs elegendő szervesetlen tápanyag, így ezeknek a vizeknek a produktivitása rendkívül alacsony. A fekete vizek a forrásvidéket követően zárt – teljes egészében, vagy jelentős részben – a mindennapos esők övébe tartozó trópusi esőerdőn – ún. terra firme erdőn – folynak keresztül. Az esőerdőben hulló bőséges csapadék a talajra hullva átszivárog a talajszinten felgyülemlett lehullott levelek szőnyegén, majd kisebb-nagyobb vízfolyásokká összegyűlve táplálja a vízgyűjtő nagyobb vízfolyásait, ill. fő folyóját. Az összehalmozódott avarban a szerves anyagok bomlása lassú és részleges, így a víz által szállított szerves anyag döntően nyers huminanyagok és huminsavak formájában sodródik a vízzel, melynek tannin tartalma is jelentős. Mindezeknek egyik – kevésbé látványos – következménye, hogy a víz kémhatása enyhén savassá válik (pH 4-5). A látványos következmény pedig a víz elszíneződése, mert a kioldódó, részlegesen lebomlott szerves anyagok színe barna, ill. a barna szín, különböző árnyalataival jellemezhető. A fekete vizek összességében tehát savas kémhatású, barna színű, lágy, oligotróf, alacsony produktivitású vizekként jellemezhetők.

## 2. Átlátszó vízfolyások

A trópusi vizek talán legkevésbé ismert típusa, az ún. átlátszó vizek körébe tartozik (2. kép). Az ilyen vizek eredetüket tekintve a fekete vizekhez hasonlóak, hiszen forrásvidékük szintén régi, lekopott, kilúgozott hegységekből található. Ásványi anyag tartalmuk rendszerint magasabb a fekete vizekéénél (akár tízszerese is lehet), de még mindig alacsonynak tekinthető.





2. kép: A Tocantins folyó átlátszó vize (www.baixaki.com.br)

Ennek következtében szintén oligotrófok, melyek produktivitása alacsony. A fekete vizektől azonban jelentősen eltérő a színük. Nagy folyók medrében áramolva, egy tömegben látva világoskéknek tűnnek, kis mennyiséget kimerítve belőlük pedig teljesen átlátszóak. Ennek a sajátosságnak rendkívül egyszerű magyarázata van. Az átlátszó vizű folyók – ilyenek például az Amazonas nagy déli mellékfolyói közül a Xingu, Tapajos, Tocantins – a forrásvidék elhagyása után nem a mindennapos esők övébe tartozó zárt trópusi esőerdőkön folynak keresztül, hanem azoknál sokkal nyíltabb trópusi erdős területeken, ahol az év során már megjelennek – az egyenlítőől távolodva egyre hosszabb – esőmentes napok, vagy hónapok is. A fentiek következtében az erdők talajában a mineralizáció oxigén bőséges jelenlétében zajlik, így teljesebb (ezért magasabb a szerves tápanyagok mennyisége, mint a fekete vizekben), s lebontatlan huminanyagok, ill. huminsavak nem képződnek. Így tehát az átlátszó vizek eredetüket tekintve hiába állnak rokonságban a fekete vizekkel, tartalmukban és színükben teljes mértékben különböznek azoktól.

### 3. Fehér vízfolyások

A fehér vizek elnevezése még a fekete vizekénel is pontatlanabb, ugyanis ezek a víztömegek megjelenésükben inkább sárgás színűek (3. kép), áradáskor időnként vörösbe hajló árnyalatokkal. A fehér vizek forrásvidéke jelentősen különbözik a fekete és az átlátszó vizekétől, ugyanis forrásaik fiatal, magas lánchegységeken találhatók, mint például a Rio Madeira és a Solimões folyóé az Andokban, vagy a Gangeszé és a Bhramaputráé a Himalájában. A kőzetek erőteljesen mállanak, jelentős mennyiségű hordalékanyag termelődik, s színüket alapvetően ezek a hordalékanyagok határozzák meg. A szállított hordalékanyagból igen sok ásványi anyag kerül oldatba, aminek következtében ezeknek a vizeknek a trofitása igen magas.

Futásuk során az allochton anyagbevitel jelentősége arányaiban már nem annyira jelentős. A magas szerves tápanyagtartalom és a magas víz hőmérséklet predesztinálná ezeket a vizeket arra, hogy a produktivitásuk magas legyen, azonban ez nincs így.



3. kép: A Rio Solimões vize Manaus közelében (a szerző saját felvétele)

Esetükben az ökológia vízminősítés rendszerében (Dévai és munkatársai 1999) világosan megfogalmazott elméleti tény gyakorlati megvalósulásának vagyunk tanúi, miszerint az elsődleges termelés végbemenetelének csak egyik eleme a trofitás (szervetlen tápanyagokban való gazdagság), a másik elem (konstruktivitás) alacsony értéke miatt – ami a konstruáló (építő) szervezetekben való gazdagságot méri – az elsődleges termelés akadályozott. Ennek oka, hogy olyan nagy mennyiségű hordalékanyagot szállítanak ezek a folyók, hogy átlátszóságuk alig néhány centiméter. Ebben a néhány centiméteres trofogén (fénnyel ellátott) zónában nagyon kevés fotoautotróf (konstruáló) szervezet tud megélni, ezért ezeknek a vizeknek a produktivitása is igen alacsony.



## 4. Trópusi állóvizek

A trópusi állóvizek sajátosságait alapvetően az határozza meg, hogy milyen típusú vízfolyásokból képződnek, ill. milyen a vízforgalmuk. A fekete, és az átlátszó vízfolyásokból frissen képződő állóvizek oligotrófok, produktivitásuk alacsony, ami csak akkor haladja meg valamennyivel annak a vízfolyásnak a produktivitását, amiből létrejött, ha a legközvetlenebb vízgyűjtő területéről szervesen tápanyagok kerülnek bele. A fehér vizekből frissen képződő állóvizek esetében más a helyzet, ugyanis ha állóvízzé válnak, a bennük áramló hordalékanyag leülepszik, átlátszóságuk megnövekszik, a trofógen réteg nő, így a mélyebbre hatoló fény, a meleg víz, és a bőségesen rendelkezésre álló szervesen tápanyag bázison megindulhat az eutrofizálódás folyamata és termékeny, eutróf vizekké válhatnak. Ha a rendszerint szabályozatlan trópusi folyók szavannákon, vagy félsivatagos területeken futnak keresztül, ahol az esős és száraz évszak határozott váltakozása érvényesül, áradások alkalmával a folyó menti kisebb-nagyobb mélyedéseket feltöltve rendszeresen képződnek kisebb állóvizek (4. kép), ezek élettartama azonban meglehetősen rövid.

A nagyobb, állandó trópusi állóvizek esetében produktivitásukra nyilvánvalóan hatással vannak az állóvizeket tápláló vízfolyások, ez a hatás azonban nem annyira direkt, mint a kisebb állóvizek esetében. Természetes körülmények között összességében a lassú természetes eutrofizálódás jellemző rájuk leginkább, ezért többnyire alacsony produktivitásúak.

Minden állóvíz esetében az élőlények szempontjából fontos sajátosság, hogy az adott víztér milyen felkeveredési sajátosságokkal rendelkezik. A trópusokon a termikus tótípusok közül rendszerint három típus fordul elő.

Az oligomiktikus – mindig magas hőmérsékletű, stabil, alig átkeveredő – az egyenlítő vidékén, a meleg polimiktikus – mindig magas hőmérsékletű, sokszor átkeveredő – a trópusok egyperiódusú (nyári) esőkkkel jellemezhető területein, valamint a hideg polimiktikus – alacsony hőmérsékletű sokszor átkeveredő – a trópusok magashegységeiben.



4 kép: A São Francisco (Dél-Amerika, Brazília) folyó áradása után visszamaradt jellegzetes állóvíz az açude (a szerző saját felvétele)

## 5. A trópusi vizek működési sajátosságai

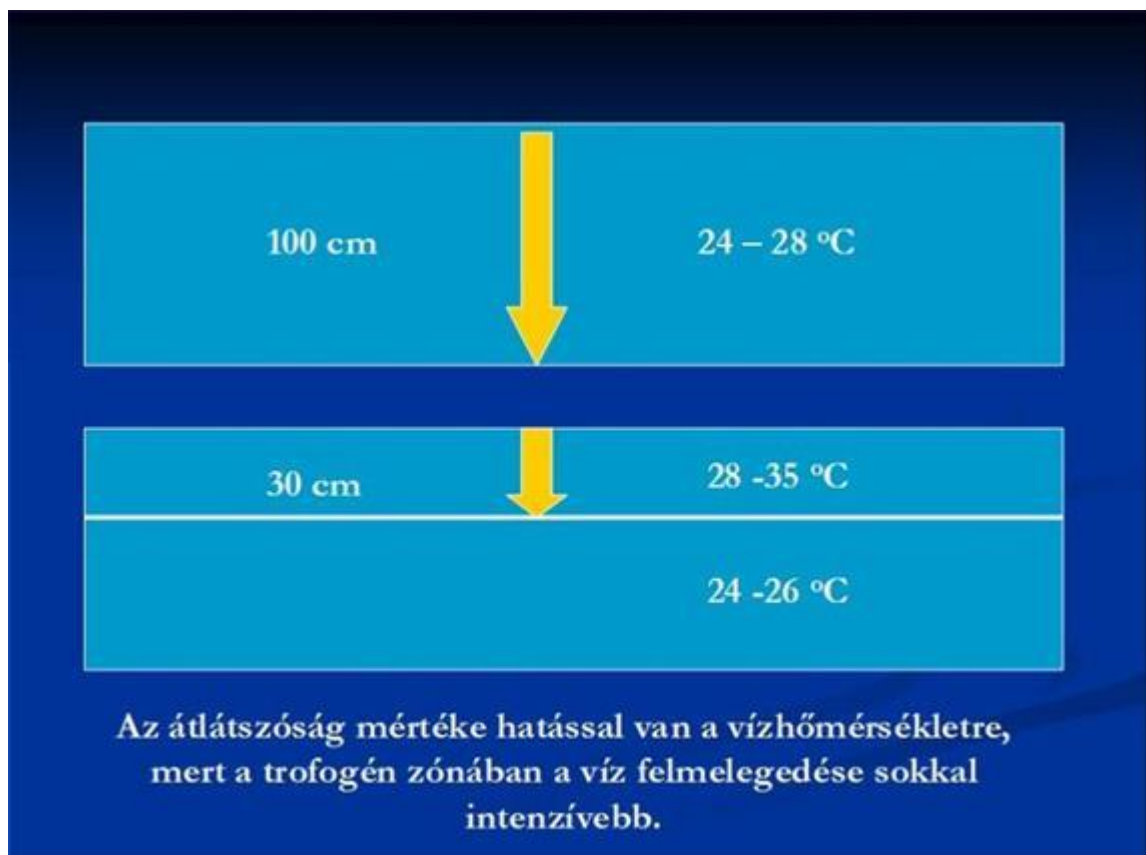
**A trópusi vizek produktivitását** a víztípusok általános jellemzésénél már érintenünk kellett. Az egyes víztípusokra jellemző sajátosságokon túl azonban néhány fontos közös jellemzőre fel kell hívni a figyelmet. A trópusi vízfolyásokra jellemző oligotrófia és alacsony produktivitás vagy a szervesetlen tápanyagok hiányának, vagy az alacsony átlátszóságnak köszönhető. Ha a vizekbe jutó szervesetlen tápanyagtartalom növekszik, vagy a szállított hordalékanyag kiüledése következtében az átlátszóság nő, az eutrofizációs folyamatok azonnal megindulnak és a produktivitás növekedni fog. A magas vízhőmérséklet következtében a kémiai folyamatok sebessége nagy, az élőlények metabolizmusa gyors. Ezért a vizekbe került szervesetlen tápanyag igen gyorsan egyre magasabb trofikus szinteken jelenik meg. Ha a tápanyagbevitel nem folyamatos, a rendszer – tápanyagtartalmát tekintve – képes újra gyorsan visszaszegényedni.

A rendszer működésével kapcsolatosan felvetődik az a kérdés is, hogy ezekben a vizekben a magas vízhőmérséklet hatására miért nem gyakoriak a vízvirágzások? Ennek magyarázata az, hogy a vizekben nagy változatosságban és gazdagságban élnek zöldalga taxonok (Uherkovich and Rai, 1979), amelyek versenyképességük révén nem engednek teret a vízvirágzást okozó cianobaktériumok elszaporodásának.

**A trópusi vizek hőmérsékletéről** általánosságban elmondható, hogy magas, a konkrét értékeket azonban jelentősen befolyásolja az, hogy milyen területen találhatók, és milyen az átlátszóságuk (4. ábra).

Amikor a vizek zárt erdőkkel borított területeken folynak keresztül, vagy állóvízként ilyen területen helyezkednek el, akkor hőmérsékletük egyenletesen magas (24-26 °C). Abban az esetben pedig, ha nyílt, felsívatagi, vagy sívatagi területeken találhatók, a vízhőmérséklet alapvetően az átlátszóság függvénye.

Az olyan vizekben, amelyekben nagy az átlátszóság, vagy akár fenékgig átlátszóak, a beérkező napsugarak közvetítette hő egy meglehetősen vastag vízrétegben nyelődik el. Ennek az a következménye, hogy ez a trofógén zóna egyenletesen melegszik, viszont a vízhőmérséklet nem ér el extrém magas értékeket, rendszerint a 24-28 °C-os tartományban marad. Ha a víz átlátszósága kisebb (20-30 cm), akkor a napsugárzással beérkező hőmennyiség elsősorban ebben a keskeny rétegben nyelődik el. Ennek egyrészt az a következménye, hogy ez a réteg akár extrém módon is felmelegedhet – a felszíni vízhőmérséklet elérheti akár a 35 °C-ot is – másrészt az, hogy ez a kevésbé átlátszó, de nagyon felmelegedő réteg leárnyékolja a mélyebb rétegeket, ahol a vízhőmérséklet a legtöbb esetben nem haladja meg a 26 °C-ot.



4. ábra: A trópusi vizek átlátszósága nagymértékben meghatározza azok felmelegedését

A vízi élővilág szempontjából ennek a sajátosságnak nagyon fontos szerepe van. A trópusi vizek élőlényeinek többsége ugyanis nem kedveli a 28 °C-nál magasabb vízhőmérsékleteket. A halak esetében azt figyelhetjük meg például, hogy a 28 °C-nál tartósan magasabb vízhőmérsékletek esetén étvágyuk csökken, mozgásuk zavarttá válik. Ezért a nagy átlátszóság előnytelen a halak számára, mert az átlátszó vízoszlop teljes egészében melegszik, s előfordulhat az, hogy – ha kis mértékben is – ennek a vízoszlopnak a hőmérséklete meghaladja a kritikus 28 °C-os hőmérsékletet.



5. kép: 25 napos Curimata pacu (*Prochilodus marginivittatus*) ivadék (a szerző saját felvétele)

Kisebbségi átlátszóság esetén a felső, trofogen réteg extrém módon felmelegedhet ugyan, de alatta a halak számára már sokkal megfelelőbb hőmérsékletű, jelentős víztömegek fordulhatnak elő.

A magas vízhőmérséklet általában gyorsítja az élőlények metabolizmusát, intenzívebb a táplálkozás, a növekedés (5. kép), felgyorsul az ivarézés és a szaporodás.

A bakteriális tevékenység is sokkal intenzívebb, a szerves anyagok bomlása gyorsabb, ennek következtében trópusi körülmények között a vizek természetes tisztulása is gyors folyamat.

**A trópusokon a csapadék eloszlása** nagymértékben függ, az egyenlítőtől való távolságtól. A száraz hónapok száma, 0-12 között változik. Az egyenlítő közelében – a mindennapos esők övezetében – az ún. „száraz” időszakban naponta legalább egyszer esik az eső, esős időszakban pedig többször is naponta. Az Amazonas torkolatvidékén élők ezt úgy fogalmazzák meg, hogy száraz évszakban minden nap esik az eső, esős évszakban pedig egész nap esik az eső. Ha távolodunk az egyenlítőtől, fokozatosan növekszik a száraz hónapok száma és megjelenik a száraz és az esős évszak határozott váltakozása. Tovább haladva előbb a száraz hónapok száma kerül túlsúlyba, majd eljuthatunk egészen a sivatagi klímáig, ahol sokszor évekig sem hullik csapadék.

Mint látható, a szoláris trópusi övben a csapadék mennyisége – az egyenlítőtől való távolság függvényében – meglehetősen széles határok között változhat. Ezzel párhuzamosan azonban az is jellemző, hogy ha egy-egy adott helyen vizsgálódunk, akkor mindegyik helyen meglehetősen nagyok az éves változások is. A talajok szerkezete olyan, hogy a vizet nehezen fogadja be, így a lezúduló esők igen hamar a kisebb-nagyobb vízfolyásokba jutnak. Az Amazonas vízhozama például a torkolatvidéken „száraz” időszakban mintegy 60 000 m<sup>3</sup>/s, míg esős évszakban akár 200 000 m<sup>3</sup>/s fölélt is lehet. Ezeknek az egy éven belül bekövetkező változásoknak fontos következménye, hogy a kisvíznél tapasztalható – abszolút mértékben kicsi de – relatíve magas összes só koncentráció a megnövekvő csapadékmennyiséget követő áradás során nagyvíznél erőteljesen felhígul. A koncentrációcsökkenésnek és a hígulásnak az élővilágra rendkívül fontos hatása van. Miután ezeknek a



vizeknek a hőmérséklete többnyire állandóan magas, a vizekben elkezdődő hígulás fontos kulcsinger például a halaknak ahhoz, hogy elkezdjék a szaporodásra való felkészülést.

Ha **mérsékelt égővből származó egzotikus fajok** kerülnek be trópusi vízi ökológiai rendszerekbe, akkor komolyabb következményekkel kell számolni, mintha trópusi fajok kerülnének mérsékelt égővi vizekbe. Halak esetében például, amikor az AGROBER/CODEVSF együttműködés keretében Magyarországról származó ponty, amur, pettyes- és fehér busa betelepítés történt az Észak-kelet Brazíliai Nordeste vizeibe, olyan kiválóan érezték magukat, hogy az ottani vízi ökológiai rendszerben való sikerességüket csak az ott jelen lévő táplálékkonkurens, vagy ragadozó fajok szabályozták. Ha trópusi vizekből szállítanak mérsékletövi vizekbe trópusi halfajokat, akkor ott természetes körülmények között csak időlegesen tudnak megélni, mert 20 °C-os vízhőmérséklet alatt már étvágyuk csökken, és 15 °C alatt el is pusztulnak.

**Az emberi beavatkozások következtében előforduló problémák** közül az egyik említésre méltó kérdéskör, amikor az energiaigény kielégítése érdekében az olcsó vízenergia felhasználása mellett döntenek, és trópusi vízfolyások visszaduzzasztásával építenek vízerőműveket. Ma már a világ bármely pontján épül is vízerőmű, az építés engedélyezésének feltétele, hogy a halak vándorlásának lehetővé tétele érdekében tervezzenek oda hallépcsőt. A legtöbb esetben nem is az szokott gondot okozni, hogy a halak nem tudnak közlekedni a kiépített hallépcső rendszerében, hanem az, hogy a hallépcsőn áthaladó egyedek, milyen körülményeket találnak, a túloldalon. Észak-kelet Brazíliában (Nordeste) található a világ legnagyobb mesterséges tava, a Sobradinho víztározó (6. kép), aminek hosszúsága mintegy 350 km, szélessége pedig körülbelül 70 km.

A víztározó előtt a folyó gyors folyású, oligotróf, magas oxigéntartalmú, és általában reofil, azaz áramló vizeket kedvelő halfajokkal van benépesülve. Amikor ezeknek a fajoknak az egyedi átúsznak a hallépcsőn, akkor elérkeznek egy olyan víztömegbe, ahol a vízhőmérséklet sokkal magasabb, mint ahonnan érkeznek, a víz nem áramlik, és az oldott oxigén tartalom alacsonyabb.



6. kép: A Sobradinho víztározó a São Francisco (Dél-Amerika, Brazília) folyón (a szerző saját felvétele)

Nyilván ezek az egyedek nem tudhatják, hogy ha ilyen – számukra kellemetlen és szokatlan – körülmények között kitartóan úsznának 350 km hosszan, akkor ismét számukra kedvező körülmények közé kerülhetnek, ezért némi tétovázás után visszafordulnak oda, ahonnan érkeztek. Így ez a vízlépcső – annak ellenére, hogy fizikailag átjárható a halak számára – valós akadályt (ökológiai barriert) képez. A São Francisco folyón három ilyen nagy

vízerőmű épült (Tres Marias, Sobradinho, Paulo Afonso), amelyek teljes mértékben megakadályozzák a Curimata pacu (*Prochilodus marginatus*) vándorlását a folyóban, ami – tekintettel arra, hogy forrásvidéken ívó fajról van szó – gyakorlatilag lehetetlenné tette e halfaj természetes szaporodását a folyóban.



7. kép: Aranybánya fala Mariana (Minas Gerais, Brazília) közelében (a szerző saját felvétele)

A másik említésre méltó kérdéskör, a vízszennyezések kérdése. Mint fentebb is említettük, a lebomlni képes szerves anyag igen gyorsan képes távozni a rendszerből, és beépülni az ökológiai rendszer élőlényének testébe, de egészen más a helyzet, a nemhogy lebomlni nem képes, hanem inkább bioakkumulációra hajlamos nehézfémekkel. A nehézfémek – réz, cink, ólom, higany – elsősorban a nemesfém bányászat (arany, ezüst), ill. a fémércbányák (smaragd, hegyi kristály, topáz) kitermelésének melléktermékeként kerülhetnek a vízfolyásokba. Sajnos az arany kinyerésének még ma is igen elterjedt formája a higannyal való kitermelés, ami a legdurvább és leginkább környezetszennyező és egészségtelen volta az aranybányászatnak (7. kép). Sajnos általánosságban el lehet azt mondani, hogy a trópusok területén döntő részben fejlődő, azaz meglehetősen szegény országok vannak, ahol a környezetszennyezés elleni fellépés sokszor nagy nehézségekbe ütközik, különösen olyan nagy haszonnal járó üzleti tevékenység esetében, mint az aranybányászat.

Elengedhetetlen, hogy a trópusi vizek kapcsán néhány **egészségügyi problémára** is kitérjünk. A trópusi vizekhez természetes módon kötődő csípőszúnyogok a terjesztői a rendkívül veszélyes sárgaláznak, amely fertőzés megelőzésére igen hatékony, több évre biztonságot adó védőoltás van. A malária szintén csípőszúnyogokhoz kötődik. A malária elleni gyógyszert a fertőzött területre való utazás előtt kell elkezdeni szedni, mert a védetség kialakulásához legalább kettő hét szükséges. Sok utazó nem figyel arra, hogy nagyon sokféle malária létezik, és az általánosan mindegyikre ható gyógyszer egy-egy konkrét esetben nem biztos, hogy elég hatékony. Ezért ha maláriával fertőzött területre utazunk, ajánlatos azt a maláriagyógyszert előzetesen beszerezni, amit a helyiek szednek. A dengue kórt is csípőszúnyogok terjesztik, megelőzési lehetősége jelenleg nincs, de szerencsére ez nem szokott komolyabb panaszokat okozni, tünetei nem súlyosabbak egy kiadós influenzánál. A trópusi vizek típusaira visszautalva feltétlenül el kell mondani, hogy a csípőszúnyogok lárvái nem képesek megélni a savanyú, trópusi fekete vizekben, így a fenti betegségekkel az ilyen területeken nem kell számolnunk. Egyáltalán nem véletlen az, hogy Amazónia állam fővárosa, Manaus nem az Amazonas partján épült fel, hanem a Rio Negro (fekete folyó) mellé települt.

A trópusi vizekben a belférgek, endo- és ektoparaziták, patogén baktériumok rendkívül gazdag népsége él, amik elsősorban a víz közvetlen elfogyasztása, vagy fertőzött vízzel való érintkezés, mosogatás, gyümölcsök mosása révén juthatnak be az emberi szervezetbe, így a trópusokon alacsony sótartalmú vizet (édesvizet) sem fogyasztásra, sem mosogatásra, sem mosdásra nem ajánlatos fertőtlenítés nélkül használni. Trópusi területeken a

fürdőzés is csak tengerek, óceánok sós vizében biztonságos, alacsony sótartalmú, kontinentális – hétköznapi szóhasználatnál élve édesvizekben – egyáltalában nem ajánlott, még akkor sem, ha a helyiek látszólag mindenféle következmény nélkül teszik is ezt.

## 6. Tesztfeladatok .



---

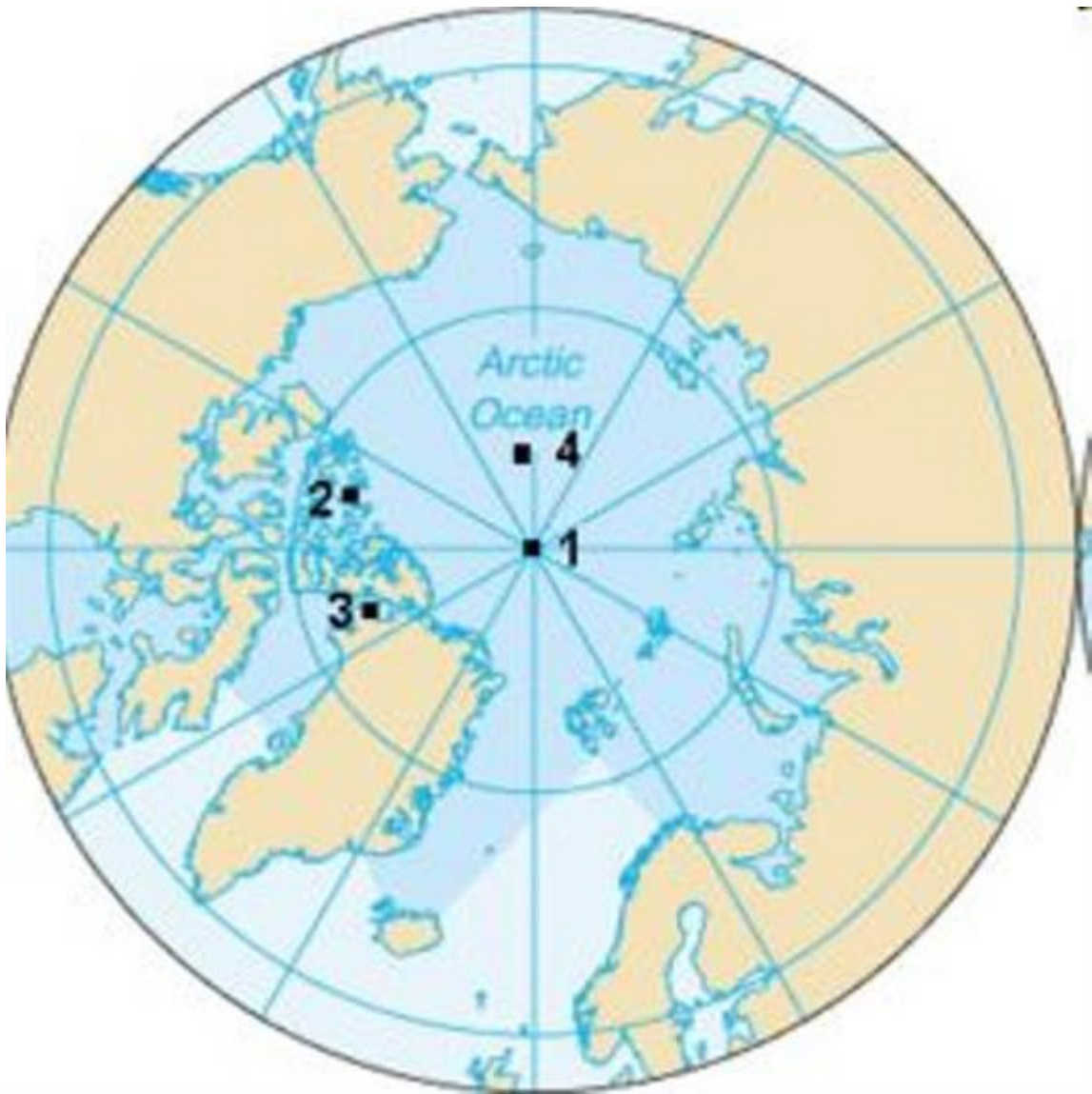
# 5. fejezet - A hideg égöv vízi ökológiai rendszerei és működési sajátosságai

A hideg égöv Földünk két – északi és déli – pólusához kötődik. Középpontjai a földrajzi Északi- és Déli sark, amelyek körül – mint egy-egy sapka – helyezkednek el. Határai a mérsékelt öv felé mindkét féltekén a 66°32'22"-os szélességi kör, amit északi és déli sarkkörnek nevezünk. A sarkkörökön az év egy napján – a nyári és a téli napforduló idején – 24 órás nappal, ill. 24 órás éjszaka van. Az északi sarkkörtől északra, ill. a déli sarkkörtől délre haladva – attól függően, hogy a Nap látszólagosan melyik félgömbön tartózkodik – fél évig sohasem megy le a nap, ill. fél évig sohasem kel fel. Az égöv teljes területének közös sajátossága a fényhiány, ill. az alacsony hőmérséklet. A Földünk teljes felületéből a sarkvidékek együttesen is csupán 5%-ot foglalnak el.

## 1. Északi Sarkvidék (Arktisz)

Arktisznak az Északi-sark körüli területet hívjuk. Legnagyobb része a Jeges-tenger térségére esik, melyet állandó jégtakaró borít, de tartoznak ide szárazföldi részek is Oroszország, Alaszka, Kanada, Norvégia, Grönland és Izland területéről. Az Arktisznak pontos határa nincs, de általában a 10°C alatti júliusi középhőmérséklettel rendelkező területeket nevezzük így. Más definíciók az Északi-sarkkörtől (É.sz. 66° 32'22'') vagy a hóhatártól (az a vonal, amitől északra már nincsenek fák) északra eső területet értik alatta (5. ábra).





6. ábra: A földrajzi (1.), a mágneses (2.), a földmágneses (3) Északi-sark helye és a szárazföldektől mért legnagyobb távolság a Jeges-tengeren (4.) az északi félgömbön.

Az Északi-sark esetében is beszámolhatunk bizonyos anomáliákról. A földrajzi értelemben vett Északi-sark ugyanis egy sohasem változó hely, amit többféle módon is értelmezhetünk. Lehet úgy értelmezni, hogy a Föld forgástengelye itt találkozik a felszínnel az északi félgömbön, de tekinthetjük a nulla szélességi körnek, vagy az összes hosszúsági kör északi közös kiinduló pontjának is (6. ábra, 1.).

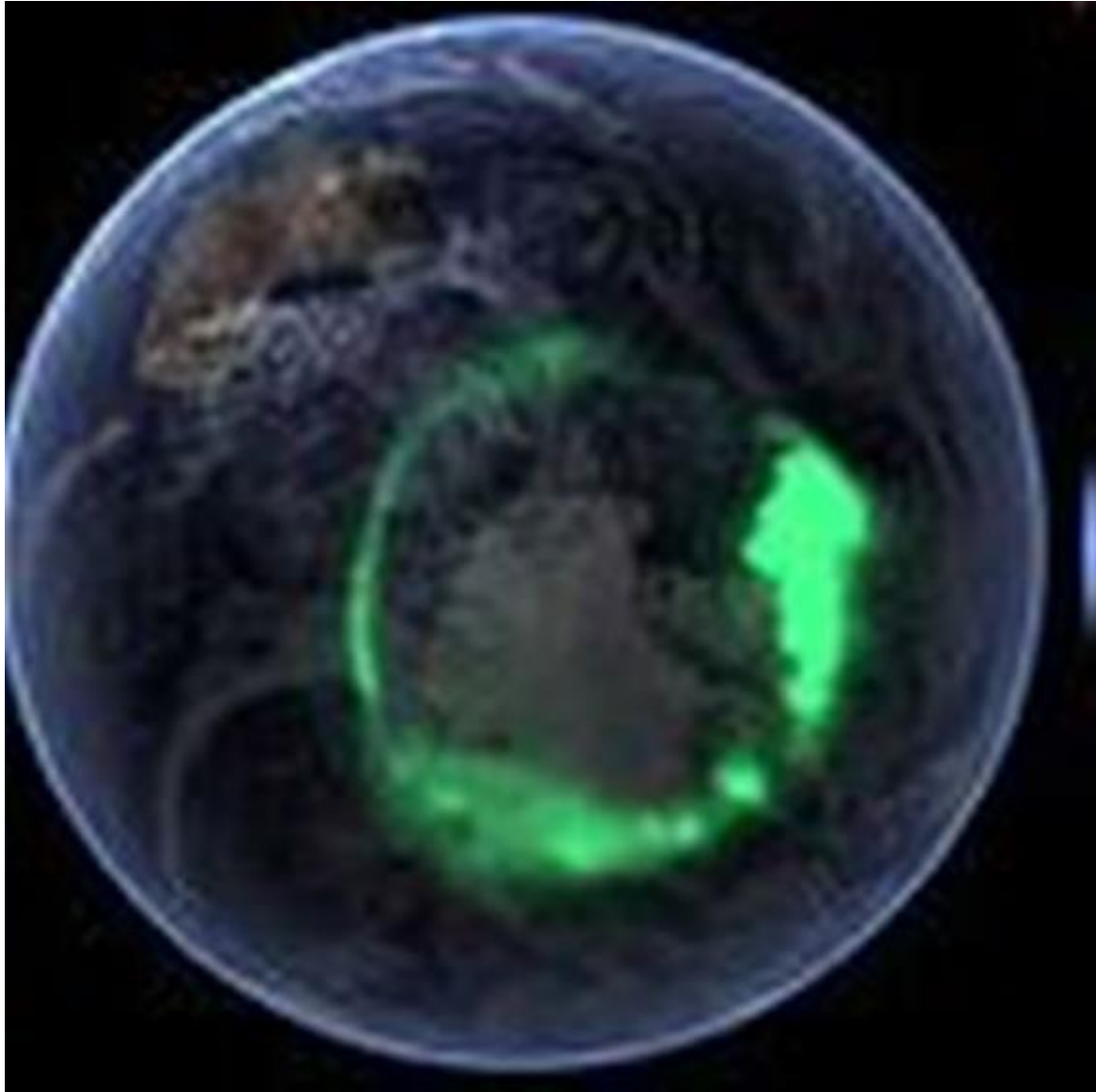
Ugyanakkor az Északi mágneses sark helye – ahol a Föld mágneses terének erővonalai a felszínre merőlegesek (vagyis amely helyen függőlegesek), ahová az iránytű mutat, az Északot jelezve (6. ábra, 2.) – nem esik egybe a földrajzi Északi-sarkkal. Még ettől is különbözik az Északi földmágneses sark helye, ami a Föld mágneses terét létrehozó elméleti "rúd-mágnes" tengelyének dőfpontja a Föld felszínén, az északi félgömbön (6. ábra, 3.). A 6. ábrán 4-essel jelölt pont a fentiek szempontjából indifferens, mert a szárazföldektől mért legnagyobb átlagos távolságot jelöli.

Mindezekon túlmenően a mágneses pólusok folyamatosan változtatják a helyüket, ami földünkön egy természetes jelenség. Az azonban már figyelemre méltó, hogy az utóbbi években lényegesen felgyorsult a pólusvándorlás. Mérési adatok bizonyítják, hogy az elmúlt 150 év alatt 1.100 km-t haladt Kanadától Szibéria irányába.

A Föld mágneses terének léte rendkívül nagy jelentőségű mind a bioszféra védelme, mind az élőlények földi léte szempontjából. Bolygónk mágneses tere védi a Földet a Naptól, ill. a világűrből érkező töltéssel rendelkező részecskék áramlásának (Napszél) káros – ionizáló – hatásaitól.



A részecskéket a földi magnetoszféra nagyrészt eltéríti, a mágneses pólusok körüli tartományban azonban bejutnak a légkörbe. A részecskék a légkör atomjait ionizálják és gerjesztik. A gerjesztett gázmolekulák pedig a rájuk jellemző hullámhosszon – pl. oxigén zöld és vörös, nitrogén kékes ibolya – fényt bocsátanak ki, mely jelenséget Sarki-fénynek nevezzük (8. kép). A gerjesztett atomok a fénykissugárással térnek vissza alapállapotukba. A jelenség 80–1000 km magasságban fordulhat elő, de leggyakrabban 100 km-es magasságban figyelhető meg.



8. kép: Sarki-fény jelenség a világűrben nézve ([www.keptar.honvedklub.hu](http://www.keptar.honvedklub.hu))

A Föld mágneses terének léte mellett, hogy jelentősen hozzájárul a bioszféra élőlényeiének védelméhez, sok faj számára való valóságos iránytűként funkcionál. Erre példaként legtöbbször a költöző madarakat szokták említeni, de tényként fogadhatjuk el, hogy a vízi ökológiai rendszerek tagjaira is hatással van, sőt egyesjtű élőlények esetében is kimutatták, hogy rendelkeznek a mágneses erőter okozta polaritással.

A mindig változásban lévő Föld fontos sajátossága az is, hogy mágneses ereje csökken (az elmúlt 200 évben kb. 10%-al). Ezer évvel ezelőtt 1,5-szöröse volt a mai értéknek. Ennek azért van rendkívül nagy jelentősége, mert mind a bolygónkon, mind a világűrben található egyéb égitesteken megfigyelték a rendszeresen előforduló pólusváltás jelenségét. Ez tulajdonképpen a jelenlegi Észak-Dél irányú pólusok megváltozását, átfordulását jelenti ellenkező irányba. Földünkön mágneses pólusváltás átlagosan 200 ezer évente következik be, de a két pólusváltás között eltelt idő széles sávban mozog. A geológiai bizonyítékok szerint bolygónkon utoljára 780 ezer évvel ezelőtt történt meg, ami azt jelzi, hogy előbb-utóbb ismét számolni kell ezzel a jelenséggel.

Ha ez bekövetkezik, akkor a földi élővilág számára nem az lesz a legnagyobb problémát okozó következmény, hogy a vándorló fajok összezavarodnak, vagy eltévednek, hanem az, hogy a jelenség bekövetkezte előtt jelentősen lecsökken a föld mágneses erőtere, aminek következtében az ionizáló sugarak direkt sugárzás formájában elérhetik a földfelszín egyre nagyobb területét, és az ott található élőlényeket. E tekintetben egyértelműen a szárazföldi ökológiai rendszerek élőlényei – közöttük sajnos az ember – vannak a legnagyobb veszélyben, és a vízi ökológiai rendszerek tagjainak – a vízrétegek szigetelő és szűrő hatása miatt – van a legnagyobb esélye arra, hogy károsodás nélkül, vagy minimális károsodással vészeljék át ezt az időszakot. Nem tűnik merész feltételezésnek az, hogy egy ilyen váltás bekövetkezte után ismét a víz lesz az a bölcső, ahonnan a szárazföldek ismét benépesülhetnek élőlényekkel.

Az Arktisz éghajlati szempontból két részre osztható. Az egyik az állandóan fagyos éghajlati öv, a másik a tundra.

Az állandóan fagyos éghajlati övben a hőmérséklet szinte soha nem megy 0 °C fölé, az évi csapadék igen kevés, és az is hó formájában hullik. A hőingadozás – a negatív tartományban – így is igen nagy lehet, a többnyire nyílt terep igen szeles. A törzsfán magasabban jegyzett élőlények csak elvétve találhatók meg itt. Az élőlények megélhetésének szempontjából a fényhiányon, és az állandóan fagyponthoz alatti hőmérsékleten túl még két körülmény igen fontos. Az egyik, hogy ebben az éghajlati övben nincs talaj, a másik, hogy az állandó fagy nem csupán a hőmérséklet szempontjából lényeges, hanem azt is jelenti, hogy a víz itt szilárd halmazállapotban, hó és jég formájában fordul elő, ami az élőlények számára gyakorlatilag szárazságot – vízhiányt – jelent.

Az állandóan fagyos éghajlati övben az Észak-sarkhoz közeledve az élővilág egyre szegényesebb képet mutat. Az autotróf szervezeteket csupán néhány algafaj képviseli. Növények ezeken a területeken egyáltalán nem élnek. Az állatokat csak néhány faj képviseli, például a jegesmedve, fókák, rozmárok, és a halászmadarak.

Az északi félteke sajátossága, hogy a sarkvidéken nincs kontinens, a jégpáncél alatt tenger található, aminek mélysége a földrajzi északi pólus alatt 4087 m. Ennek következtében még az Északi-sarki tél idején előforduló akár -40 °C alatti hidegek ellenére sem találunk itt néhány méternél – 4-6 m – vastagabb jégtakarót. Az Északi-sarkvidék tehát tulajdonképpen egy hatalmas, a tengervízről alig kiemelkedő jégtábla (9. kép). Ennek oka kisebb részt az, hogy a tenger sós vize sokkal nehezebben fagy meg az alacsony sótartalmú vizekhez képest, nagyobb részt pedig az, hogy a hóval fedett jégréteg meglehetősen jó hőszigetelő képességgel rendelkezik, ami a jégréteg vastagságával arányosan nő. Így hiába fordulnak elő a légkörben extrém hideg hőmérsékleti értékek, ezek hatása a jég mélyebb rétegeibe már szinte el sem ér, csak arra alkalmas, hogy ezt a jégvastagságot stabilan tartsa. Az északi sarkvidék habituálisan egy a tengerből alig kiemelkedő, hatalmas jégtáblának tekinthető, ami téli időszakban kiterjedtebb, nyári időszakban pedig kisebb területű. A befagyott tenger téli és nyári területének nagyságában bekövetkező ingadozások egyre nagyobbak, nyári időszakokban a befagyott tenger nagysága egyre kisebb és kisebb, ami kétségtelen bizonyítéka annak, hogy földünk klímája jelenleg felmelegedő fázisban van.

Ezért az északi sarkvidék kapcsán nem mehetünk el szó nélkül a klímaváltozás lehetséges következményei mellett. Feltétlenül le kell szögezni, hogy a klímaváltozás azóta van és zajlik, amióta a Földnek van klímája. Az már egészen más kérdés, hogy a jelenleg tapasztalható gyors változások – amik a jelenlegi álláspont értelmében egyértelműen a melegedés irányába mutatnak – mennyiben köszönhetőek a Föld természetes periodikus változásainak (gaciális-interglaciális) és mennyiben tekinthetők az ember aktív és káros tevékenységéből eredő következménynek.





9. kép: Az Északi-sarkvidék jellegzetes, a tengerből alig kiemelkedő jégtáblái (www.google-images for északi sark)

Ha eltekintünk a klímaváltozás körüli vitáktól és csak azokat a következményeket nézzük, amik egy felmelegedés következtében előfordulhatnak, akkor az Északi-sarkvidékre vonatkozóan a következő megállapításokat tehetjük.

Egy ökológiai rendszerben bekövetkező változások – éppen az ökológia szemléletmódjából adódóan – sohasem értékelhetők általánosságban véve jónak, vagy rossznak. Egy ilyen értékelésnek csak akkor van értelme, ha megadjuk, hogy milyen élőlény szempontjából értékeljük a változásokat. Ha a változások a jégtábla zsugorodása, töredezése irányába történnek, akkor ez egyértelműen hátrányos lesz a jegesmedvék számára, mert téli időszakban nem tudnak visszatérni a befagyott tengerre, és óhatatlanul konkurenciába, majd kompetícióba kerülnek a partvidéken élő barnamedvékkel. Azzal azonban, hogy nem jutnak hozzá a korábbi mértékben a hagyományosan fő táplálékforrásukat jelentő fókákhoz, pont ezen fajok számára válik egyértelműen előnyössé a változás, mert korábbi ragadozójuk egyre kisebb veszélyt fog jelenteni a számukra. A halászó madarak szintén előnyhöz jutnak, mert nagyobb lesz a számukra halászható nyíltvíz felülete, a halak számára viszont ismét csak hátrányos következményekkel kell számolni, mert az egyre sikeresebben halászó madarak mellett, számolniuk kell a felszaporodó fokaállomány falánkságával is.

Ha a felmelegedés hatását a tenger vízszintváltozásának szempontjából vizsgáljuk, akkor elmondható, hogy a Jeges-tenger vizének akár teljes felolvadása sem változtatná meg a tengerek jelenlegi szintjét, hiszen ez esetben egy úszó jégtábláról van szó. Jelentős változást az Északi-sarkvidéken ebből a szempontból a Grönlandi jégtakaró, valamint Kanada, Alaszka és Oroszország ezen övezetbe tartozó kontinentális területét borító jégtakaró felolvadása okozhatna. Ugyancsak alapvetően átrendezné Észak-nyugat Európa aktuális klímáját az, ha a klímaváltozás következtében a Golf-áramlat hatása gyengülne, esetleg az áramlás leállna. Ez nem csupán az óceáni és tengeri ökológiai rendszerekben okozna alapvető változásokat, hanem az érintett kontinentális vízi ökológiai rendszerekben is. Észak-nyugat Európa időjárása – a felmelegedés ellenére – a jelenleginél sokkal hűvösebbre, hidegebbre fordulna, mivel klímája hozzá igazodna annak a szélességi körnek a klímájához, amelyen található.

## 1.1. A tundra éghajlat az északi féltekén

A sarkvidéki tundra éghajlat főleg a Jeges-tenger partvidékére és szigeteire jellemző övezet, a déli féltekén alig van jelen (7. ábra).



7. ábra: A sarkvidéki tundra éghajlat területe (www.800px-map-tundra.png)

A sarkvidéki tundra olyan terület, ahol a fás növények előfordulását meggátolja az alacsony hőmérséklet és a túl rövid termékeny évszak. A tundra éghajlatra jellemző a rövid, hűvös nyár és a hosszú, hideg tél. A hőmérséklet nyáron, nappal 0°C fölé is emelkedik, de 10°C fölé, sohasem. Tekintettel arra, hogy télen előfordulhatnak akár -30°C-os hőmérsékletek is, az évi középhőmérséklet negatív. Az évi csapadék mennyisége igen kevés: 100–200mm, a csapadék szinte kizárólag hó. Területén a legtöbb állat a tengerben él, természetes növénytakarója a tundra. A rövid sarki nyár idején az átfagyott talajnak csak a felszíne enged fel – maximum 10–20 cm mélységig – állandóan jeges szél fúj. Jellemzőek a talaj felső rétegének ismételt átfagyásával és felengedésével kapcsolatos ún. szoliflukció körébe tartozó jelenségek (pl. sárfolyás). A különböző okokból mozgó talajon a növényzet sokkal nehezebben telepszik és marad meg. Vízfolyásai oligotrófok, elsősorban a nyári olvadékvízből táplálkoznak. Állóvízi víztípusok közül jellemzően a lápok fordulnak legnagyobb területtel és mennyiségben. Ezek közül is az ún. palsalápok a jellemzőek, amelyek több méter magasra kidomborodó részének belsejében jégencse található.

Az állóvizek termikus tótipusai közül itt kettő fordul elő. Az egyik az amiktikus állóvizek típusa, a másik a hideg monomiktikus állóvizek típusa. Az amiktikus állóvizek víztömege azért nem tud átkeveredni, mert egész léte alatt jéggel borított, míg a „hideg monomiktikus” elnevezés azt takarja, hogy esetükben egy év folyamán egy rétegződés és egy monoterminia létezik. A hideg monomiktikus tavak esetében a vízhőmérséklet 0 °C és 4 °C között lehet, télen fordított rétegződés van, nyáron pedig miután a jégpáncél elolvad, a víz melegedni kezd, de csak maximum 4 °C-ig. Beindul a termikus konvekció és ennek következtében kialakul a homoterminia.

## 2. Déli-sarkvidék (Antarktisz)

Az Antarktisz (Déli-sarkvidék) alapvetően különbözik az Arktisztól, mert itt nem egy nehezen körülhatárolható, ráadásul időben rendszeresen módosuló területről van szó, hanem egy a déli szélesség 55. fokától délre fekvő kontinensről (10. kép). Az Antarktisz hava és jége alatt tehát nem óceán található, hanem egy kontinens kőzetanyaga. Területe mintegy 14 millió km<sup>2</sup>. Lakatlan, s miután területén a víz csak és kizárólag szilárd halmazállapotban, hó és jég formájában fordul elő – a fentiekben már részletezett okok következtében – a világ legnagyobb sivatagjának tekinthető. Évi csapadék átlagos mennyisége kevesebb, mint 50 mm, ezért néhány helyén fagysivatag alakult ki. A nyugat-antarktisi száraz völgyek területén már valószínűleg 2 millió éve nem hullott csapadék. Az évi csapadékmennyiség a csapadékosabb területeken is legfeljebb 500–600 mm (például: Antarktisi-félsziget). Itt mérték egyébként a Földön a leghidegebb hőmérsékletet: -89,2 °C (Vosztok állomás, 1983. július 21.).



10. kép: Az Antarkisz, a befagyott kontinens (www.felsofokon.hu)

Belső területeinek átlaghőmérséklete télen  $-40^{\circ}\text{C}$  és  $-70^{\circ}\text{C}$  között alakul, míg nyáron  $-15^{\circ}\text{C}$  és  $-35^{\circ}\text{C}$  között mozog, tehát szélsőségesen hideg. Közvetlenül a part mentén valamivel enyhébb a hőmérséklet, télen  $-15^{\circ}\text{C}$  és  $-32^{\circ}\text{C}$  közötti, míg nyáron  $-5^{\circ}\text{C}$  és  $5^{\circ}\text{C}$  közötti hőmérsékletek előfordulása jellemző.

Az Antarktiszi területén jelenleg is működő aktív vulkán nincs ugyan, de a vulkáni utóműködés eredményeként előfordulnak, ún. „meleg oázisok”, ahol a tágabb környezethez képest enyhébb hőmérsékleti viszonyok miatt gazdag mohavegetáció diszlik, valamint az olvadási lyukakban hó-algák találhatók.

Az Arktisszal szemben, ahol a jégtakaró az óceán vizének megfagyása révén keletkezett, és a szigetelő hatás miatt néhány méternél nem hízhat vastagabbra, az Antarktiszi közetanyagára évmilliók óta rakódik – még ha évente kis mennyiségben is – a hó és válik tömör jéggé. Ennek a folyamatnak az eredménye, hogy a szárazföldet borító összefüggő jégtakaró átlagos vastagsága meghaladja a 2000 m-t, melynek eredményeképpen az Antarktiszi Földünk legmagasabb földrészének tekinthető.

A legnagyobb mért jégvastagság 4775 m. A szárazföld körüli óceán egy részét is jég, úgynevezett selfjég takarja (11. kép). A legnagyobb selfjég, a Ross [http://hu.wikipedia.org/wiki/Ross\\_selfj%C3%A9g](http://hu.wikipedia.org/wiki/Ross_selfj%C3%A9g) területe mintegy félmillió  $\text{km}^2$ . Itt találhatóak a világ leghosszabb gleccserei is (Lambert-gleccser: 434 km, Rennick-gleccser: 257 km, Beardmore-gleccser: 161 km). Az Antarktiszi jége alatt a jelenlegi ismeretek szerint mintegy 70 kisebb-nagyobb állóvíz rejlik. Ezek közül a legnagyobb, legmélyebb és legismertebb a Vosztok-tó, melynek vízfelszínét több mint 3700 m vastagságú jég borítja. Az Antarktiszi tavak vízfelszínének elérése a meteorológusok és sarkkutatók régi vágya, aminek célja elsősorban a földtörténet korábbi időszakaiból

származó életnyomok előfordulásának kutatása, ill. bizonyítékok keresése a földi klíma változásaira. Az eredmények fontosak lehetnek nem csupán a paleontológia, hanem az asztrobiológia és az űrkutatás számára is. A fúrások meglehetősen mostoha körülmények között zajlanak, mivel igen rövid időszakban lehet egyáltalában munkát végezni, akkor is meglehetősen nagy fagyban és mostoha időjárási követelmények között. A Vosztok tavat kutató orosz bázis munkatársait meglehetősen sok kritika éri, mivel az általánosan alkalmazott meleg vizes fúrási technológia mellett, a fűrófej felmelegedésének megakadályozására hűtő és kenő anyagként petróleum és freon keverékét is használják, ami az évmilliók óta érintetlen ökológiai rendszer szennyeződésének igen magas kockázatát hordozza.



11. kép: Az óceán és az Antarktisi jégtakaró találkozásának jellegzetes habitusképe  
([www.wikipedia.org/wiki/antarktisiz](http://www.wikipedia.org/wiki/antarktisiz))

Az egyre mélyülő fúrások beváltották a hozzájuk fűzött reményeket, mert a mélység növekedésével a kiemelt jégben egyre ősbib és primitívebb mikroorganizmusok nyomaira bukkantak. Sok sikertelen próbálkozás után az erőfeszítéseket siker koronázta, mert 2012. február 6-án – 3768 méter mélységig jutva – áttörték a felhalmozódott jégréteget és elérték a vízfelszínt. Közbevetőleg meg kell jegyezni, hogy kutatók körében meglehetősen sok vita folyt arról, hogy hogyan lehetséges az, hogy több ezer méter vastagságú jégtömeg alatt folyékony halmazállapotú víz fordulhat elő. Ennek magyarázatául először csak és kizárólag olyan elképzelések születtek, amelyek valamiféle vulkáni utóműködés hatásának tulajdonították ezt, de később bebizonyosodott, hogy a vízfelszín felett tornyosuló jégtömeg hatására kialakuló magas nyomás következtében oly mértékben megváltoznak a víz fagyási sajátosságai, hogy a jégréteg alatt lévő  $-3^{\circ}\text{C}$ -os víztömeg folyékony halmazállapotban van. Amikor a fúrás során elérték a vízfelszínt, a tó vize az ott uralkodó nyomás hatására hirtelen behatolt a furatba és ott azonnal megfagyott. Ennek a tóvízből képződött fagydugónak – amiben feltétlenül kell lennie olyan életnyomoknak, amelyek korábbi földtörténeti korokban uralkodó klíma hatása alatt kerültek oda – a kiemelését 2012 decemberére tervezték, ami után annak részletes vizsgálata, elemzése lehetővé válik. Az előzetes eredményekről 2013 februárjában érkeztek először híradások, amik szerint olyan mikroorganizmusokat találtak a tó vizéből izolált mintákban, amelyek DNS szerkezete nem hasonlít egyetlen földünkön eddig ismert DNS szerkezetre sem.

## 2.1. Az állandóan fagyos éghajlat a déli féltekén



A több ezer méter vastag jégtakaró alatti kontinentális kőzetanyagnak lényegében semmiféle hatása nincs a felszíni körülményekre. Az állandóan fagyos éghajlat következtében létrejött jégsivatagban szinte nincs élet, vízfolyások nem léteznek, a vastag jégpáncél alatt húzódó tavak amiktikus jellegűek. Mindezen jellemzők alapján első pillanatra olyan elhamarkodott ítéletet is mondhatnánk, hogy ennek a területnek csekély a hidrológiai jelentősége. Ez azonban igen komoly tévedés lenne, ugyanis az Antarktisz jégtakarója a Föld jégkészletének mintegy 90%-át tárolja, ráadásul az Arktisszal ellentétben – ahol a sarkvidék jégtakarója jelentős részben maga a fagyott tenger – itt a jég csapadékból képződött, és elmondható, hogy az Antarktisz jégtakarója tárolja a Földi édesvízkészlet mintegy 70%-át.

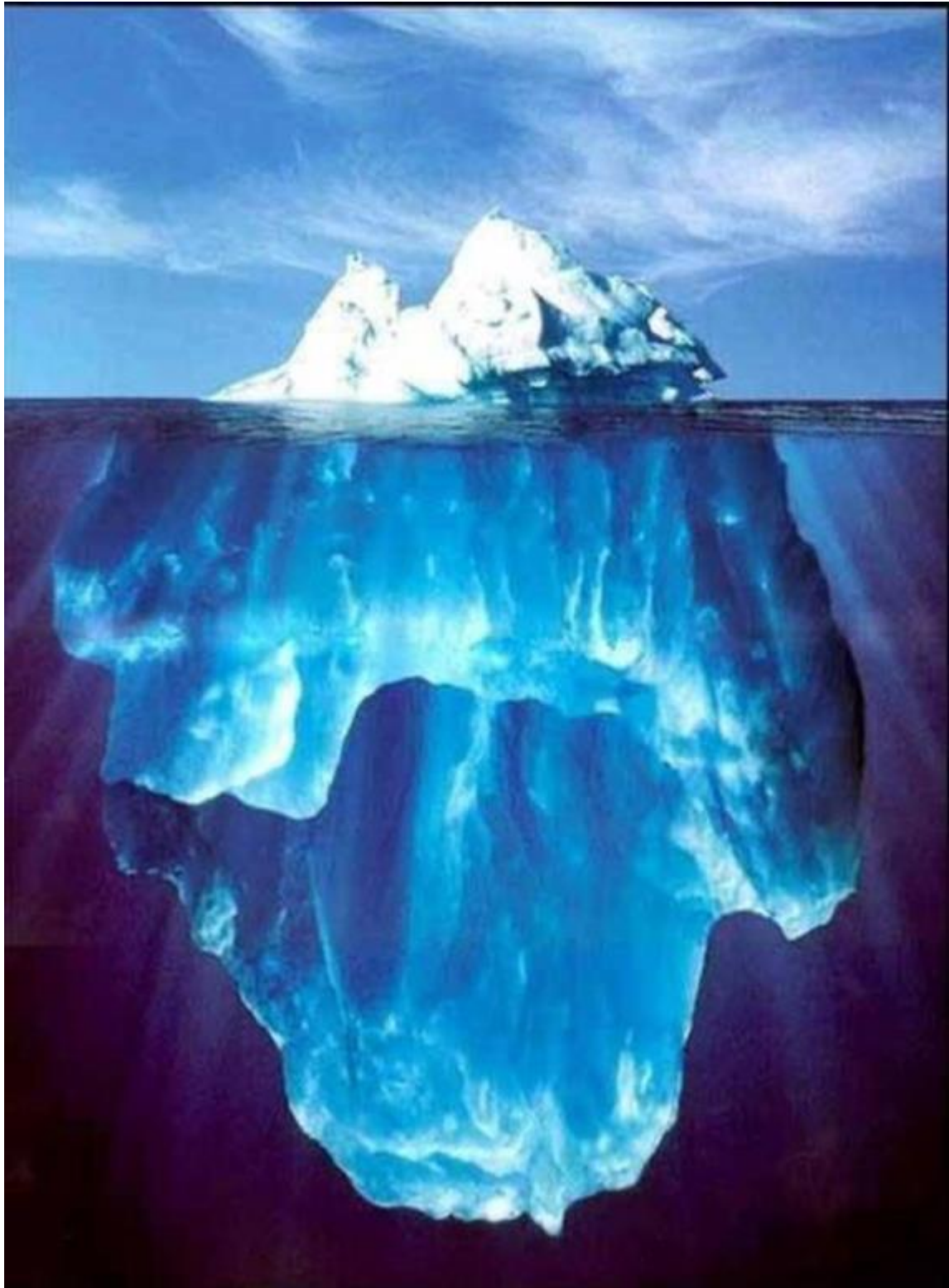
A klímaváltozást kísérő felmelegedés következtében a legelső várható jelenségek ezen a területen a selfjegek letöredezése lehetnek, amely folyamat már meg is kezdődött (8. ábra).



8. ábra: A Pine Island gleccser 12 000m<sup>2</sup>-es darabjának letörése

Az 9. ábrában található műholdképen világosan látható, amint a Pine Island gleccsernek egy jelentős darabja beletöredezik a tengerbe. A felmelegedés tartós folytatódása esetén – tömegéből adódóan – az Antarktisz jégtakarójának teljes eltűnésére sokkal kevésbé kell számítani, mint az északi sarkvidék jégfelületének teljes felolvasására, ugyanakkor a jégtömeg veszteségei az Antarktiszon egyben a Földi édesvízkészlet veszteségeit is jelentik. Ráadásul, a felmelegedés hatására nem egyenletes olvadásra kell számítani, hanem katasztrófajelenségekkel kísért szakaszos változásokra. Az olvadó jég nagy tömbökben zuhanhat a tengerbe (12. kép).





12. kép: Úszó jéghegy ([www.mixoline.hu](http://www.mixoline.hu))

Ennek egyik veszélye, hogy megfelelően nagy tömeg esetén akár cunami jelenségeket is okozhat a legközelebbi szárazföldeken, a másik, hogy úszó jéghegyekkel szórja tele az óceánt, veszélyeztetve a hajózási útvonalakat.

## 2.2. A tundra éghajlat az északi féltekén

A tundra éghajlat előfordulása az egész déli féltekén jelentéktelen. Ennek nyilvánvaló oka, hogy azokon a szélességi körökön, ahol tipikusan ilyen éghajlat alakulhatna ki, nincs kontinens. Az Antarktisz esetében egy

nagyon keskeny part menti sáv tekinthető tundrának, de ez sem nevezhető tipikusnak. Az esetenként néhány százméteres, vagy maximum néhány kilométeres keskeny tundrasáv növényvilágát néhány epilitikus zuzmó faj adja a part menti területeken található sziklákon, ill. a jégtakaróban néha megjelenő olvadási lyukakban hóalgák fordulhatnak elő. A Déli-sarkvidék állatai a pingvinek, valamint az összes világtengerben előforduló fókák. A partokat rendszerint megközelítő bálnák száma szintén említésre méltó. Sem jelentősebb vízfolyások, sem állóvizek nem jellemzőek ezen a területen. A vízfolyás típust az igen rövid időtartamú nyári időszakban esetlegesen 0°C fölé emelkedő hőmérséklet hatására megjelenő jelentéktelen mennyiségű olvadékvíz, az állóvízi víztér típust pedig az ugyanilyen okból létrejövő olvadékvizes telmák képviselik, melyek létezésének időtartama rendkívül rövid, sokszor csak órákban, napokban mérhető.

### **3. Tesztfeladatok .**

---

## 6. fejezet - A mérsékelt égöv vízi ökológiai rendszerei és működési sajátosságai

Szoláris mérsékelt övnek a téritőkörök és a sarkkörök közötti területet nevezzük, ami a Föld felszínének 52%-át foglalja el. A kurzus időbeni korlátai nem engedik meg, hogy a mérsékelt öv teljes terjedelmét részletesen tárgyaljuk, ezért ebben a fejezetben csak a legfontosabb sajátosságokat ismertetjük, s a kurzus további részében a mérsékelt öv számunkra legfontosabb részével, a hazai viszonyokkal fogunk behatóan foglalkozni. Mint korábbiakban elmondtuk, a sarkköröknek az a jellegzetessége, hogy ott az év egyetlen napján 24 órással és 24 órással van, míg a téritőköröknek az, hogy ott egy éven belül kétféle napon a zenitben álló nap éppen merőlegesen süt a földfelszínre. A szoláris mérsékelt övben tehát a Nap minden nap felkel és lenyugszik, de a napsugarak hajlásszöge sohasem éri el a 90°-ot. Hőmérsékleti szempontból nézve ez az öv a trópusi övezet északi és déli határától a +10°C-os júliusi iztotermaig tart. Az északi félgömbön a kontinensek nyugati oldalán a meleg tengeráramlások hatására az öv kiszélesedik, míg a keleti oldalon a hideg tengeráramlások miatt elkeskenyedik. A déli félgömbön ebbe az övezetbe Dél-Amerikában és Ausztráliában csupán kicsiny területek tartoznak. A mérsékelt övezeten belül mindenütt kialakul a négy évszak. Az egyes évszakok hosszúsága az Egyenlítőtől való távolságtól függ és ugyancsak ennek a távolságnak a függvénye, a nappalok és az éjszakák időtartama. Ezek a rendkívül széles határok között változó körülmények alapvetően meghatározzák az itt található vízi ökológiai rendszerek sajátosságait is. A mérsékelt övezetbe tartozó területek teljes egészében a nyugati szelek hatása alatt állnak. Nagysága, valamint speciális elhelyezkedése – egyaránt határos a trópusi és a hideg égövvel – következtében nyilvánvalóan nem alakulhat ki területén egységes éghajlat. A mérsékelt övezetben alapvetően három öv különíthető el: a meleg mérsékelt öv, a valódi mérsékelt öv és a hideg mérsékelt öv.

**A meleg mérsékelt öv** a trópusokkal határos, amelyen belül jól elkülöníthető egy mediterrán és egy szubtrópusi monszun éghajlati terület.

A mediterrán éghajlati terület jellemzője, hogy az évi középhőmérséklet meglehetősen magas – 10-20 °C – között változik, a csapadékmennyiség – 500-1000 mm – még nem túlságosan kevés, de főleg télen hullik. Általános jellemzője a viszonylag meleg, csapadékos tél, és a meleg, száraz nyár. A vízfolyások vízjárása ebben az övezetben változó, a csapadékos télen, ill. a tél vége felé következnek be jelentősebb áradások, míg a nyári száraz időszakban a kisebb vízfolyások akár időszakossá is válhatnak. Az állóvizek jelentős része az ún. meleg monomiktikus típusba tartozik, aminek jellegzetessége, hogy a víz hőmérséklete sohasem csökken 4°C alá, így az év során csak egyszer van lehetőség teljes átkeveredésre. A trópusi övtől távolodva egyre inkább megjelenik a dimiktikus jelleg (lásd lentebb). A vizek élővilága még sok elemében hasonlít a trópusokéra, a Nap viszonylag magas állása miatt a vizek hőmérséklete magas, a hőmérséklet napi ingadozása kicsi, fényklímájuk általában jó.

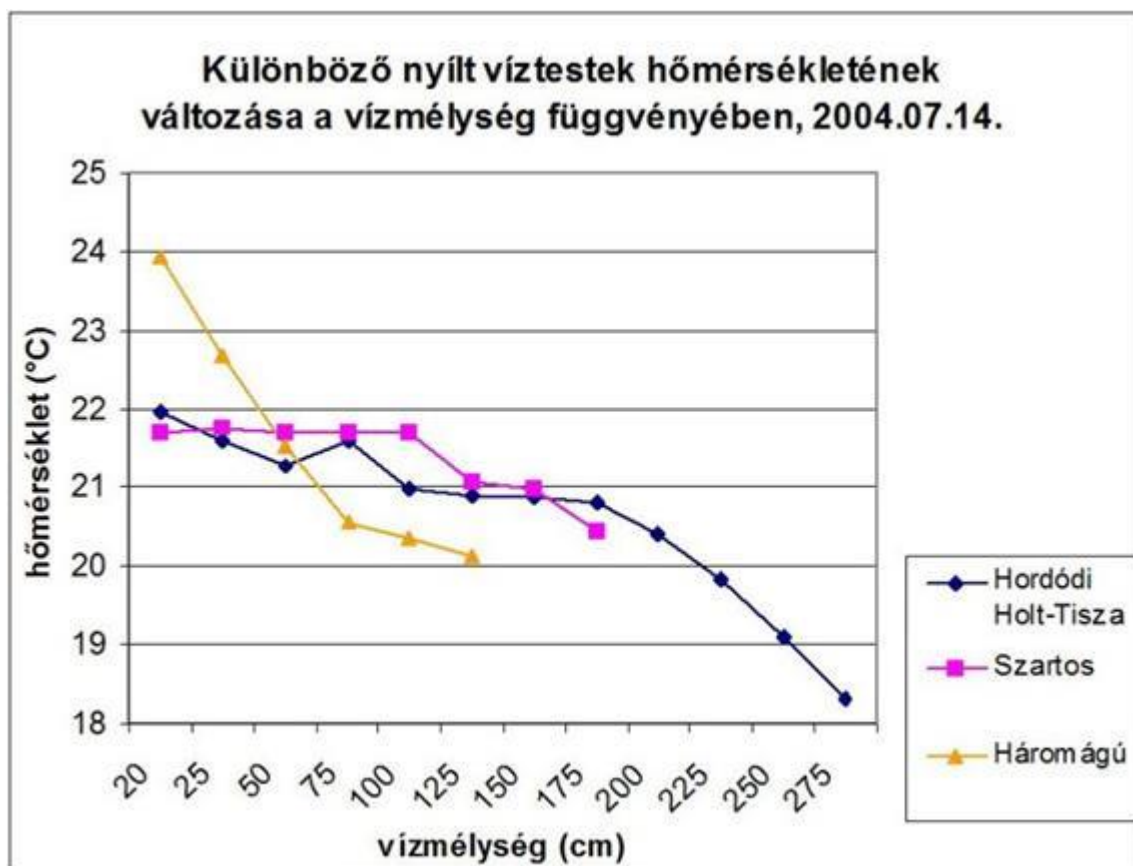
A szubtrópusi monszun éghajlati területen a csapadék meglehetősen sok – 1000-1500 mm is lehet – ami szemben a mediterrán éghajlati területtel, főként nyáron hullik. Az éghajlat kialakítója a monszunszél, amit nyugati szélnek is neveznek, és ebből következően ez az éghajlati típus, a kontinensek keleti oldalán található. A vízfolyások vízjárása itt is jelentősen változó az év során, de miután a csapadék főként nyáron hullik, a vízjárás évi változása kisebb, hiszen pontosan nyáron, amikor a legnagyobb a párolgási veszteség, akkor bővizűek a vízfolyások, a téli, csapadékmentes időszakban viszont a párolgási veszteség nem túl nagy.

**A valódi mérsékelt övben** négy éghajlati terület – óceáni, nedves kontinentális, száraz kontinentális, szélsőségesen száraz – különböztethető meg.

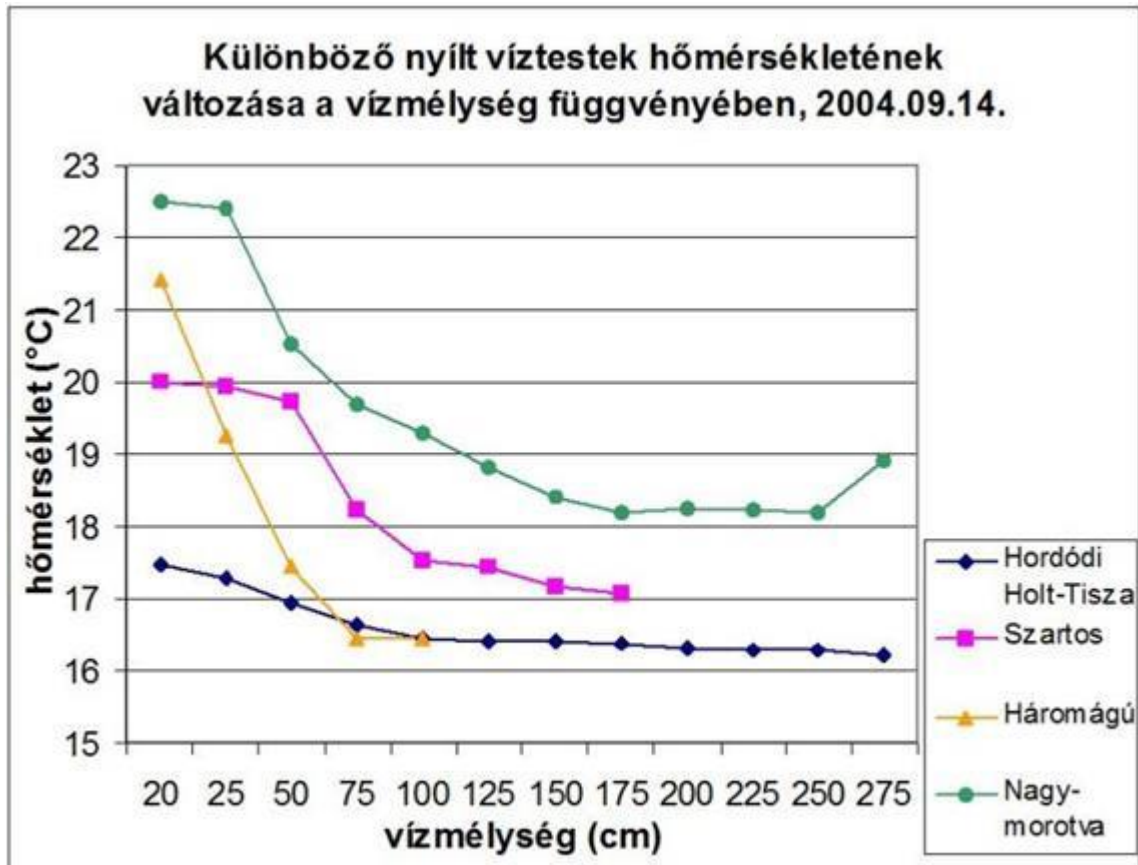
Az óceáni éghajlat az óceánok közvetlen közelében, azok kiegyenlítő, módosító hatásának következtében alakult ki. Főleg az USA és Kanada nyugati részén, a Brit-szigeteken, Dániától Spanyolországig, illetve Új-Zélandon figyelhető meg, a part menti területeken. Az évi csapadékmennyiség 800-2000 mm közötti, az évi középhőmérséklet 5-12°C.

Elmondható, hogy a legtipikusabb mérsékelt övi éghajlatnak a nedves kontinentális és a száraz kontinentális éghajlati terület tekinthető. Mindkét éghajlati területen jól elkülöníthetően megjelenik a négy évszak (tél, tavasz, nyár, ősz), mégpedig úgy, hogy az ősz és a tavasz, a meleg nyár és a hideg tél közötti átmenetet jelenti. Mindkét éghajlati területről elmondható, hogy az évi középhőmérséklet 0-15°C közötti, és hogy a folyók vízjárása mindkét területen ingadozó. Áradások általában a tél végén, a tavasz elején vannak, míg nyáron a vízfolyásokra

un. kisvizes állapotok jellemzők. A két éghajlati terület közötti legfőbb különbség, hogy a nedves kontinentális területen az évi csapadékmennyiség 500-800 mm között, míg a száraz kontinentális területen csupán 300-500 mm között változik. Az állóvizek legfontosabb – csak ezekre a területekre jellemző – sajátossága, hogy egy év alatt kétszer fordul elő bennük homotermia, egy éven belül kétszer keverednek át teljesen, azaz dimiktikus jellegűek. A nyári időszakban a felsőbb vízrétegek a melegebbek, és fentről lefelé haladva csökken a vízhőmérséklet. Ebben az időszakban a felszíni és a vízfenék közeli rétegek között akár 6-8°C-os hőmérsékleti különbségek is lehetnek (9. és 10. ábra). Az ábrákon néhány Tisza-tavi holtmeder nyíltvizében mért hőmérsékleti értékek változásának ábrázolása látható, a vízmélység függvényében.



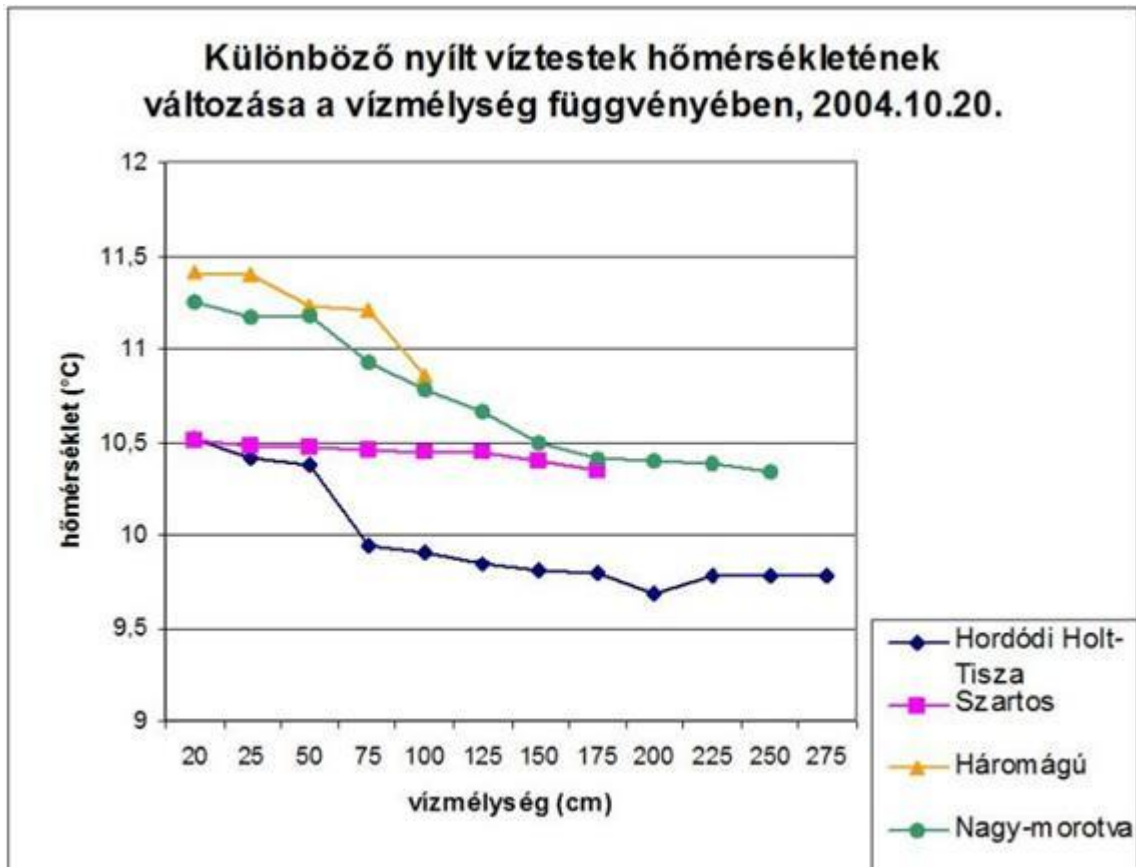
9. ábra: Hőmérsékletváltozások a mélység függvényében július hónapban



10. ábra: Hőmérsékletváltozások a mélység függvényében szeptember hónapban

Az őszi közeledtével a felszíni vízrétegek hőmérséklete elkezd hűlni, egyre kisebbé válnak a különbségek a felszín közeli és a fenék közeli vízrétegek között (11. ábra). Miután a 4 °C-os hőmérsékletű víz a legsűrűbb, az ilyen hőmérsékletű vízmolekulák lefelé süllyednek a víztömegben. A lejátszódó meglehetősen bonyolult hőátadási folyamatok eredményeként elérkezik egy olyan időszak, amikor a teljes víztömeg 4 °C-osra válik. A levegő további lehűlésével a felszínen megjelenő 3-2-1 °C-os vízrétegek már nem süllyednek be a víztömegbe, hiszen fajsúlyuk kisebb, mint az alattuk lévő rétegeké, majd a 0 °C alatt megjelenő jégréteg is a felszínen marad. Télen így egy fordított rétegződés alakul ki, fölül helyezkedik el a jég, alatta rendre magasabb 1-2-3 °C-os vízrétegek, majd ez alatt a nagy tömegű 4 °C-os víz. Tavasszal az olvadás során a jég eltűnik a felszínről, a korábban 4 °C-nál alacsonyabb vízrétegek felmelegednek és kialakul egy tavaszi homotermia, amikor az egész víztömeg ismét teljes egészében 4 °C-os hőmérsékletűvé válik. Innen kezdve a fokozatosan felmelegedő felszíni víztömegek mindig az alacsonyabb hőmérsékletű rétegek fölött maradnak, és kialakul az a kiindulási állapot, ami a felszíni és fenék közeli vizek közötti meglehetősen nagy hőmérsékletkülönbségekhez vezet. Ilyen klasszikus rétegződés kialakulásához, ill. az egy éven belüli változások leírt törvényszerűség szerinti alakulásához természetesen megfelelő vízmélység is szükséges. Általánosságban elmondható, hogy ha egy állóvíz legalább 100 cm-es mélységgel rendelkezik, akkor az már elegendő ahhoz, hogy e szerint a törvényszerűség szerint viselkedjen.





11. ábra: Hőmérsékletváltozások a mélység függvényében október hónapban

A valódi mérsékelt öv speciális éghajlati területe a mérsékelt övezeti szélsőségesen száraz (sivatagi) éghajlati terület. Ennek az éghajlati területnek a kialakulásához speciális körülmények – tartós száraz leszálló légáramlások dominanciája, nedves légáramlatoktól való elzártág, tengerektől való túl nagy távolság – szükségesek. Ez az éghajlat a léghőmérsékletek tekintetében nem különbözik a mérsékelt öv többi éghajlati területének átlagától (0-15°C), de a csapadék rendszerint kevesebb 250 mm-nél. A vízfolyások itt kevésbé bővizűek, akár időszakosak is lehetnek. Az állóvizek többsége itt is lehet dimiktikus jellegű, de előfordulhat amiktikus jellegű víztér is abban az esetben, ha a csapadék vízutánpótlásának elenyésző volta mellett hiányoznak a befolyó vizek, és a víz sókra nézve töménnyé válik. A száraz területek tömény sóoldatot tartalmazó vizében – éppen a magas sótartalom miatt – nincs átkeveredés, mert a magas sótartalom megakadályozza, hogy a hőmérsékletváltozás következtében ez bekövetkezzen.

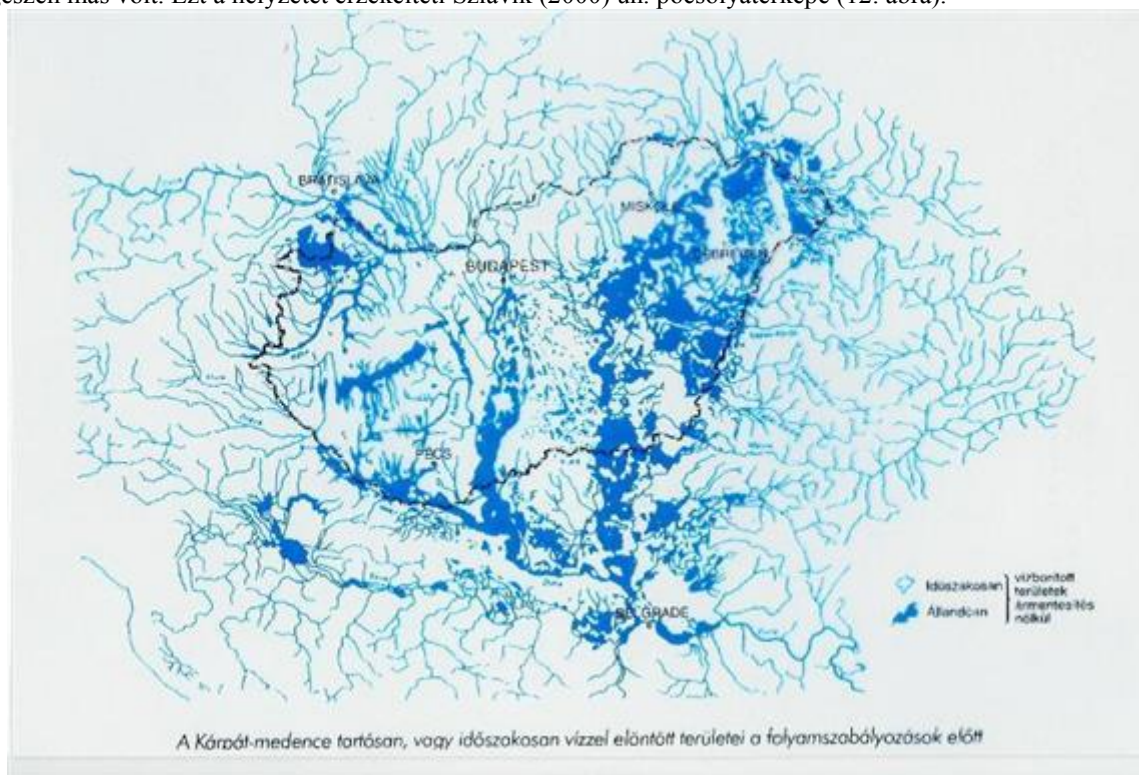
A **hideg mérsékelt övbe** tartozó éghajlati terület a tajga. Helyzetéből adódóan – a tundrával határos – a hőmérséklete igen alacsony, a csapadék kevés, annak döntő hányada hó. Vízfolyásai a rövid, de nem túl magas hőmérsékletű nyáron olvadékvizekből táplálkoznak. Állóvizei hideg monomiktikus jellegűek, mely típusnak a legfőbb sajátossága, hogy a víz hőmérséklete nem haladja meg a 4°C-ot, és ezért egy éven belül csak egyszer alakul ki bennük homotermia.

## 1. Tesztfeladatok .

## 7. fejezet - Magyarország vízi ökológiai rendszerei és működési sajátosságai

Magyarország vízrajzának kialakulásáért az a földrajzi sajátosság felelős legfőképpen, hogy a Kárpátok hegygerince által körbe vett, Kárpát-medencében található. Ebből a medence jellegből adódóan, hogy un. alvízi ország vagyunk, azaz a hazánk területén található vízmennyiség döntő része – mintegy 90%-a – határainkon kívülről érkezik, és csak mintegy 10% származik csapadékból, vagy keletkezik hazánk területén. Az országban nincs lefolyástalan terület, minden felszíni víz az ország déli része felé gravitál, és onnan legfőképpen a Dunán és a Tiszán keresztül távozik, melynek mennyisége évente mintegy 100 milliárd m<sup>3</sup>.

Nagyobb vízfolyásaink kialakulását a megfelelő fejezetekben röviden tárgyalni fogjuk ugyan, de itt feltétlenül meg kell jegyezni, hogy amikor már alapvetően kialakult a jelenleg is létező vízrajz, a terület sajátossága mégis egészen más volt. Ezt a helyzetet érzékelteti Szilávik (2000) ún. pocsolyatérképe (12. ábra).



12. ábra: A Kárpát-medence vízrajza a folyamszabályozások előtt (Szilávik 2000)

A szabályozások előtt mind a Duna, mind a Tisza, mind pedig ezek főbb mellékfolyói áradáskor kiléptek medrükből, szétterültek és képesek voltak elönteni teljes árterületet. Különösen az Alföld területe változott ekkor szinte teljes egészében vizes élőhellyé. A 19. században kezdődött folyószabályozások, ármentesítések (Szilávik 2006), ill. a belvízrendezések (Pálfi 2000) jelentősen megváltoztatták az ábrán látható arányokat, de attól függetlenül, hogy árvízvédelmi műtárgyak – gátak, töltések – közé szorították a folyókat, az alaphelyzet nem változott. A gátak megépítése ugyanis az eredeti árteret csupán két részre – hullámtéri és mentett oldali területre – osztották, alapjaiban nem változtatták meg azt a földrajzi sajátosságot, amit az árter – az a terület, amit a vízfolyások áradásuk során potenciálisan elönthetnek – jelent. Ezért az ábrán kézzel jelzett területeket változatlanul vizes élőhelyeknek kell tekinteni.

Arról sajnos nem rendelkezünk egészen konkrét számadatokkal, hogy a három alapvető élőhelytípus – vízi, vizes, szárazföldi – hazánk területéből jelenleg – a folyószabályozások után kialakult helyzetben – milyen arányban részesedik. Az egészen biztos azonban, hogy a vízi élőhelyek részesedése a legcsekélyebb, legfeljebb 5% körüli. A szárazföldi rendszerek túlsúlya (kb. 60%) szintén vitán felüli, de a vizes élőhelyek területi aránya

sem tekinthető elhanyagolhatónak (mintegy 35%). A Tiszai-Alföld esetében (Marosi és Szilárd 1969), a vizes élőhelyek aránya elérheti a 60%-ot is, s ezért itt ezt az élőhelytípust kell meghatározónak tekinteni.

Ennek a hármas élőhely-tipológiai kategorizálásnak az elfogadása és az ezen alapuló felfogás érvényre juttatása az ökológiai vízigények kielégítése szempontjából is döntő jelentőségű (Dévai et al. 2000; Lajter et al. 2012), egyrészt a Kárpát-medence természetföldrajzi adottságai, másrészt a klimatikus viszonyokban várhatóan bekövetkező jelentős változások miatt. Az ökológiai vízigények kielégítésére való törekvés során ugyanis alapvetően nem szabad figyelmen kívül hagyni, hogy pontosan mit is értünk az ökológiai vízigény fogalmán. Ökológiai vízigény alatt azt a vízmennyiséget és vízminőséget értjük, ami egy adott földrajzi térség összes körülményeihez alkalmazkodott élővilág vízzel szemben támasztott igényeit korlátozás nélkül kielégíti. A meghatározásban megfogalmazottakat sorra véve először is le kell szögezni, hogy a víznek nem csupán a mennyisége, hanem a minősége is fontos. Vízhányos időszakokban csak akkor lehet vízpótláson gondolkodni, ha a vízpótlásra alkalmazható vízkészlet minősége megegyezik a befogadó vízminőségével (Dévai 1992). Ez az oka annak a teljesen jogos tiltakozásnak és elutasításnak, amivel a hidrobiológus szakma azokat a terveket fogadta, amikor a Balaton vízhiányát a Rába folyóból, vagy a Dunából tervezték enyhíteni. Ökológiai vízigénye minden élőlénynek, sőt minden élőhelynek van. Az élőhely sajátosságából adódik, hogy ott milyen élővilág alakul ki, s a feltételrendszer, valamint az élőlények kölcsönhatásából következik az, hogy milyen mennyiségű és minőségű vízre van szükségük. Ha az egyik feltétel teljesül ugyan, de a másik nem, s ez az állapot tartóssá válik, akkor előbb-utóbb az élőhely elveszíti eredeti jellegét és át fog alakulni, más típusú élőhellyé. Ugyanez következik be akkor is, ha az ott kialakult élővilág szükségleteit korlátozás nélkül kielégítő mennyiségnél több víz jelenik meg az élőhelyen. Hazai vizeink ökológiai állapotának ismerete mindannyiunk közös érdeke. Az állapotfelmérések szabványok mentén zajlanak, melyekhez a legutóbbi időben csatlakozott az a közös Európai kritériumrendszer, amit az Európai Unió Víz Keretirányelvének neveznek (Dévai és mtsai. 2011).

## 1. Hazánk legfontosabb víztértípusai

### 1.1. A vízforgalom jellege

Hazánk legfontosabb víztértípusainak áttekintése előtt egy olyan sajátosságot – vízforgalmi típus – kell értelmeznünk, amit minden víztértípus jellemzéséhez fel kell használnunk. A víztereket alapvetően három fő vízforgalmi típusba lehet sorolni.

Az **eusztatikus** (állandó vízforgalmi) típusba tartozó víztereket a hosszan tartó egyöntetűség jellemzi, egész létük alatt vízzel borítottak, de nem csupán úgy, hogy nem fordulhat elő esetükben kiszáradás, hanem úgy is, hogy a vízmennyiség a mederben szinte alig változik. Az állóvízi víztértípusok közül ilyenek a nagytavak, mélytavak, sekélytavak és a kopolyák, de a vízfolyások víztértípusai közül csak a folyam tartozik ide.

Az **asztatikus** (változó vízforgalmi) típus legfontosabb jellemzője a múlandóság, a könnyen és gyakran bekövetkező változás. A víztér rendszerint évente egyszer kiszárad, de a kiszáradás bekövetkezik évente többször is. Fontos hangsúlyozni, hogy a víztér kiszáradását úgy kell értékelni, hogy ha rendszeresen bekövetkezik, akkor egészen biztosan asztatikus jellegű víztérrel van szó, de ahhoz, hogy ebbe a kategóriába kelljen sorolni nem kell feltétlenül kiszáradnia, már elegendő az is, hogy a vízmennyiség nagymértékben, ill. szélsőségesen változzon a mederben. Egyértelműen ebbe a kategóriába sorolható vízfolyásunk nincs, állóvizeink közül azonban ide tartoznak a pocsolyák, dagonyák, tócsogók és a telmák.

A **szemisztatikus** (átmeneti vízforgalmi) típus jellegzetessége, hogy időszakonként hol az egyik, hol a másik típusra hasonlít. Többnyire mindig vízzel borítottak, de lehet évelő (perennis) típusú is. Nem szárad ki rendszeresen, de ilyen eset mégis előfordulhat. A vízforgalmuk változásainak üteme gyors és nyugtalan ugyan, de semmi esetre sem szélsőséges. Hazai víztértípusaink közül ebbe a kategóriába egyértelműen csak a fertő tartozik.

Természetesen a vízterek sokféleségéből adódóan nem lehet mindegyiket mindig egészen pontosan valamelyik kategóriába egyértelműen besorolni, mert vannak olyanok, amelyek átmenetet jelentenek két kategória között. Az eusztatikus és szemisztatikus vízforgalom közötti átmenetet képviselik a vízfolyások esetében a folyók és a patakok, állóvizek közül pedig a kistavak és a lápok. A szemisztatikus és az asztatikus vízforgalom közötti átmenet képviselői a vízfolyások közül csermely és az ér, az állóvizek közül pedig a tömpöly és a mocsár.

A fentiek mindegyike felszíni víztértípus, de természetesen a vízforgalmi jelleg leírható a források és a felszín alatti vizek körében is. A vízforgalmi típus számítások alapján történő pontos meghatározása is lehetséges,

különböző indexek alkalmazásával. A leginkább alkalmazott indexek a vízforgalom változékonysági, a vízforgalom állandósági és a vízforgalom szélsőségeségi index.

A vízforgalom jellegének meghatározására elsősorban a vízforgalom állandósági index (XVa) alkalmas.

*A kiszámítás módja vízfolyások és források esetében:*

Képezni kell az 50% tartósságú és a közepes vízhozam hányadosát.

$$XVa = Q50\% / \text{kö}Q$$

Eredmény:

$XVa > 0,5$  – eusztatikus vízforgalom

$0,5 - XVa - 0,25$  – szemisztatikus vízforgalom

$XVa < 0,25$  – asztatikus vízforgalom

*A kiszámítás módja lefolyástalan állóvizek esetében:*

Képezni kell, a kisvíz és a közepes víz *térfogatának* (V) hányadosát.

$$XVa = V_{kv} / V_{köv}$$

Eredmény:

$XVa > 0,5$  – eusztatikus vízforgalom

$0,5 - XVa - 0,25$  – szemisztatikus vízforgalom

$XVa < 0,25$  – asztatikus vízforgalom

*A kiszámítás módja átöblítődő állóvizek esetében:*

$$XVa = V / (L_t + L_l)$$

Ahol:

V = a víz térfogata

$L_t$  = tárolás (hulló csapadék és hozzáfolyás, mínusz a párolgás)

$L_l$  = lefolyás (elfolyás és leeresztés)

Eredménye:

$XVa > 0,5$  – eusztatikus vízforgalom

$0,5 - XVa - 0,25$  – szemisztatikus vízforgalom

$XVa < 0,25$  – asztatikus vízforgalom

A számítások természetesen elvégezhetők mind a vízforgalom változékonysági és a vízforgalom szélsőségeségi indexek esetében is.

## 1.2. Az állóvizek víztértípusai

Az összes állóvíz egyik közös sajátossága, hogy – annak ellenére, hogy a vizükben jelentős mozgások, áramlások is előfordulhatnak – összességükben a víztömegük mindig abban a mederben marad, amit eredetileg elfoglalnak. A másik, hogy egész létük alatt folyamatosan töltődnek, tehát – bármilyen nagyságú állóvízről is van szó – medrük előbb-utóbb feltöltődik, és ha a természetes feltöltő folyamatokba nem történik mesterséges beavatkozás, akkor helyükön a klímára jellemző erdő zárótársulás jelenik meg. Ennek a feltöltő folyamatnak az

időben történő lezajlódása nyilvánvalóan a víztér méretétől és a feltöltöttség aktuális mértékétől függ. Egy nagytó, vagy egy mélytó esetében ez az időtartam akár évmilliók léptékű is lehet, de például egy természetes módon lefűződött morotva, vagy holtág, vagy egy mesterséges módon levágott holtág, ill. holtmeder akár néhány száz éves távlatban is képes annyira feltöltődni, hogy helyén hazánkban egy puhafás, vagy egy keményfás ligeterdő alakuljon ki.

Az állóvízi víztértípusok áttekintése során – a hazai típusok ismertetése előtt – a teljesség kedvéért meg kell említeni, két olyan víztértípust, amik hazánk területén nem találhatók meg ugyan, de jelentőségük nyilvánvaló, mert egyrészt a világ legnagyobb állóvizei ezekbe a kategóriába tartoznak, másrészt méretükből következően a világ állóvizekben raktározott felszíni édesvízi vízkészletének jelentős részét tartalmazzák.

A **nagytavak** kategóriájába sorolható vizek jellegzetessége, hogy területük igen nagy, több mint 100 km<sup>2</sup>, mélységük rendszerint 15 méternél nagyobb, vízforgalmuk eusztatikus. A víztér jelentős része vízi (akvatikus) élőhelynek minősül. Működésük során a vizes (szemiakvatikus) élőhelynek minősíthető parti öv hatása rendszerint kicsi. Ebből következően rendszerint oligotróf állóvizek (Pl.: Ontario-tó, Huron-tó, Kaszpi-tenger).

A **mélytavak** általános jellemzőiket tekintve leginkább a nagytavakhoz hasonlatosak azzal a különbséggel, hogy területük már jóval kisebb, de azért még legalább 10 km<sup>2</sup>. Mélységük – a nagytavakéhoz hasonlóan – rendszerint 15 méternél nagyobb, vízforgalmuk eusztatikus, és működésük során a parti öv hatása kicsi. Természetes állapotukban szintén oligotróf vizek. Ilyen például Finnország glaciális eredetű tavainak többsége, vagy a Genfi tó).

A **sekélytavak** víztértípusa az első olyan, ami már hazánk területén is megtalálható. Méretük elérheti a mélytavak területi kritériumát, sőt akár nagyobbak is lehetnek 10 km<sup>2</sup>-nél, mindkét előző víztértípustól elkülöníthetők azonban abban, hogy mélységük maximálisan 12-15 m lehet, átlagmélységük pedig rendszerint 3-6 m között van. A meder alapvetően litorális, litoriprofundális jellegű, valódi mélységi öv (euprofundális) vagy egyáltalán nem fordul elő bennük, vagy nagyon kis területen. Vízforgalmuk eusztatikusnak tekinthető. Hazánkban egyetlen természetes képviselője van, a Balaton.

Itt kell megemlíteni a későbbiekre vonatkozóan is, hogy a mesterségesen létrehozott (létesített) vizek esetében a víztérpolitikai besorolás nem a természetes vizek kategóriáitól alapvetően eltérő rendszerben történik, hanem úgy, hogy a létesített vízteret besoroljuk abba a kategóriába, ahová akkor tartozna, ha természetes lenne, és jelöljük mesterséges voltát. Ilyen a sekélytavak kategóriájában a Kiskörei tározó, vagy Tisza-tó. Ez ugyanis víztér típusát tekintve sekélytó típusú tározónak tekinthető.

A **kistavak** legfeljebb 10 km<sup>2</sup> nagyságúak lehetnek, de rendszerint kisebbek (12. kép). Általában kis vízfelület jellemzi őket, sekélyek, vízforgalmuk szemi- vagy asztatikus. A meder teljes terjedelme litorális, de legalább 1/3-án nyílt víztükről található, abban legfeljebb alámerült hínaras fordulhat elő. Hazánkban e típus természetes képviselői közé tartozik néhány holtmeder (13. kép), a létesített vizek közül pedig ide sorolhatók a síkvidéki körtöltéses halastavak, ill. a síkvidéki tározók.





13. kép: A Liget-szögi-morotva (Miskolczi Margit felvétele)

A **kopolyákat** kis alapterület – többnyire csupán néhány hektár – jellemzi, de az általában litorális jellegű mederben hirtelen mélyülő, sokszor kútszerű mélyedések vannak, ami helyenként akár 3-6-10 m is lehet (14. kép). Ezeken a helyeken a meder rendszerint profundális jellegű, ezért előfordul bennük litoriprofundális öv is.



14. kép: Bagi-szegi-morotva (Miskolczi Margit felvétele)

Vízforgalmuk változatos, többnyire szemisztatikusak, vagy asztatikusak. Ebbe a víztértípusba sorolható a természetes vizek közül a Duna és Tisza menti nagy holtmedrek többsége, a létesített vizek közül pedig a kavicsbányatavak, valamint a hegyvidéki völgyzárógátas tározók.

A **fertő** hazánk legváltozatosabb, legmozaikosabb víztértípusa. Közepes, vagy nagy kiterjedés jellemzi, általában a kistavakhoz hasonlóan sekélyek (1-2 m), de a meder több mint 1/3-át dús mocsári és lápi növényzet borítja, ugyanakkor nyíltvíz és hínárnövényzet is megtalálható. Medrükben kis kiterjedésben és korlátozottan tözegesedés is előfordulhat. Eredetileg ilyen jellegű volt a Kis-Balaton egész területe, a Kis-balatoni Védelmi Rendszer II. ütemének megépítése előtt. Ma a Fenéki-tó tekinthető még ilyen jellegűnek. Hazai tipikus képviselője a Fertő-tó, aminek neve tulajdonnévként fogadható el csupán, mert hidroökológiai értelemben egyáltalában nem tó, hanem fertő.

A **lápok** hazánkban kis kiterjedésűek, és kevésbé gyakoriak. Ebből fakadóan, ill. különleges élővilágukból következően a törvény által „ex lege”- védettek. Ez azt jelenti, hogy ha egy víztér rendelkezik a lápokra jellemző sajátosságokkal, akkor az, automatikusan védetté válik. Jellemző rájuk az állandó vízborítás, vízforgalmuk eu- vagy szemisztatikus jellegű, mélységük 1,5-5 m is lehet. Felszínének több mint 2/3-át moha és sás borítja, nyílt víz csak szegélyben, ill. a belső részeken kis foltokban, un. lápszemekben fordul elő. A víz oxigénellátottsága rossz, ezért a mederben – a sok szerves anyag oxigénben szegény vízbeli bomlása miatt – tözegképződés jellemző. Típusainak elkülönítése jellemző növényállománya alapján történik (pl. tözegmoha láp). Tipikus hazai képviselője például, az Ecsedi láp.

A **mocsarak** változó kiterjedésű, 0,5-3 m mély, egész területüket tekintve litorális jellegű, vizek. Vízforgalmuk labilis, többnyire szemi- vagy asztatikus. Területüknek több mint 2/3-át makrovegetáció, un. mocsári növényzet (nád, gyékény, káka, sás) borítja. Az évente termelődő nagy mennyiségű szerves anyagból sok szerves törmelék képződik, de miután a szerves anyag lebomlása sok oxigén jelenlétében zajlik, tözeg a mocsarakban rendszerint nem képződik. Diverzitásuk nagyobb, mint a lápoké, de miután meglehetősen elterjedt víztértípus hazánkban, általában nem védettek (15. kép).

A láp és a mocsár víztértípusok összevetése kapcsán érdemes néhány alapvető dolgot rögzíteni a biodiverzitással, biológiai sokféleséggel kapcsolatosan.





15. kép: Báka-szegi-morotva (Miskolczi Margit felvétele)

Először is fontos leszögezni, hogy a biológiai sokféleség értelmezésének csak egy igen leszűkített formája, amikor sok vagy kevés faj előfordulásáról beszélünk, mert a diverzitás a faji szinten túl lehet genetikai, társulás szintű, vagy akár élőhelyi is. Sokszor felvetődik a kérdés, hogy a nagyobb diverzitás értékesebb-e, mint a kisebb, lehet-e cél a diverzitás megőrzésén túl a diverzitás növelése? E tekintetben megállapítható, hogy természetes állapotában minden élőhelynek megvan a saját, rá jellemző diverzitása. A cél egyértelműen ennek a diverzitásnak a megőrzése, vagy a csökkent diverzitás helyreállítása az adott élőhelyre jellemző értékre. Minden vízi ökológiai rendszer akkor van a legjobb állapotban, amikor leginkább megközelíti a természetes állapotára jellemző diverzitás értéket. A diverzitás növekedése önmagában nem jelent automatikusan értékesedést.

A fejezet elején az állóvizek közös sajátosságaként említettük, hogy medrük egész létük alatt folyamatosan töltődik. Miután kategorizálásukban döntő szempont a területnagyság, a mélység, a feltöltődés aktuális állapota, nyilvánvaló, hogy a feltöltődés során egyik típus fokozatosan átalakulhat egy másikká (13. ábra).

A kiinduló állapot egy részről lehet nagytó, ill. mélytó, más részről kopolya. Az átalakulások időtartamát tekintve a nagytóból, ill. mélytóból kiinduló feltöltődés akár évezredek, évmilliókat, is igénybe vehet, amíg elérkezik az adott földrajzi területre jellemző zárótársulásig, a ligeterdőig. A kopolyákból kiinduló feltöltődési sor lezajlódása gyorsabb. Ha például egy kopolya hullámtéri helyzetű a Tisza mentén, akkor egy-egy árhullám levonulása során akár 2-3cm-es üledék is képződhet a mederben, így a teljes feltöltődéshez igen rövid idő, akár néhány száz év is elegendő lehet. Fontos hangsúlyozni, hogy a feltöltődési folyamatokat minden víztér esetében egyedileg szükséges vizsgálni annak ellenére, hogy az azonos feltöltöttség állapotából következnek bizonyos közös sajátosságok.



13. ábra: Az állóvízi víztértípusok átalakulása a feltöltő folyamatok során

### Kisvizek

Az állóvizek körében vannak olyan egészen kisméretű, sokszor időszakos vízgyülemlek, amelyek szinte mindegyike asztatikus vízforgalmú, de sajátos, sokszor unikális élőviláguk van, ezért említésre méltók lehetnek. Ezeket összefoglaló néven kisvizeknek nevezzük.

A **tömpöly** olyan víztér, amit kis vízfelület jellemez, nem mindig száradnak ki, vízforgalmuk rendszerint élő (perennis) jellegű. A meder változóan mély (0,5 – 1,0 m), de esetenként az a mélyedés (anyaggyödör), ahol a víztér helyet foglal, 2-3 m mélységű is lehet. Mozaikos szerkezet jellemzi, a víztérben van nyílt víz, de előfordul bennük mocsári és hínárnövényzet is. Ebbe a típusba tartoznak a vízfolyásaink melletti kubikgyödrök, amelyek a gátépítések, töltés-megerősítések maradványai, a falvak mellett található vályogvető gödrök, ahonnan a korábban építkezésekhez jóval gyakrabban használt vályog alapanyagát jelentő agyagot kinyerték, valamint bármely egyéb anyaggyödrök, mint például ahonnan a vasúti töltések megalapozásához szükséges földet kiemelték.

A **pocsolyákat** kis vízfelület, sekély (0,5 m) meder jellemzi. Rövid élettartamúak, mocsári és hínárnövényzet nem található bennük, élővilágukat tócsavegetációként jellemzik. Vízfolyásaink áradásakor létrejövőket árvizes, az árvízvédelmi töltéseken belül létrejövőket hullámtéri, az azon kívül keletkezőket belvizes, a hóolvadáskor keletkezőket olvadékvízes, a nagyobb esőzések során keletkezőket pedig esővízes pocsolyáknak nevezzük.

A **dagonya (dágvány)** kis kiterjedésű, nagyon sekély (20 – 30 cm) víztér. Esőzések, vagy hóolvadás után rendszeresen ugyanott keletkeznek, aminek oka, hogy a felszín közvetlen közelében olyan vízzáró réteg van, ami nem engedi a vizet a talajba beszivárogni. Hínár, vagy mocsári növényzet nincs, mély üledék jellemzi őket. A frissen keletkezett dagonyák – amikor még van a víztérben valamennyi nyíltvíz – vadak kedvelt ivóhelyei, később azonban, amikor már csak mély és nedves üledék található bennük, a vaddisznók kedvenc dagonyázó helyeivé válnak.

A **Tocsogónak (libbálynak)** azokat az apró vízgyülemleket nevezzük, amelyek láprétek, mocsárrétek, rétek, legelők talaj-mélyedéseiben, süppedékeiben, mohapárnáiban fordulnak elő. Mélységük sokszor csak néhány centiméter, élettartamuk alig néhány nap.

A **telma** a legkisebb önálló víztérnek tekinthető. Rendszerint szokatlan helyen kialakuló, néhány liternyi, vagy ennél is kevesebb vízgyülemlek. Elnevezésük előfordulásuk helyétől függ. A növények felületén előfordulók

neve fitotelma, a faodvakban lévőké dendrotelma. A kövek felületén található neve litotelma, kagyló és csigahéjakban találhatóké malakotelma, míg a járda, aszfalt mélyedéseiben előfordulóké a technotelma.

### 1.3. A vízfolyások víztértípusai

A vízfolyások legfontosabb közös jellemzője – ami minden vízfolyás esetében érvényes – hogy a víztömegük – a gravitációs erő hatására – egész mennyiségét tekintve turbulens mozgással mozog a mederben, a szállított hordalékával együtt. A vízfolyások esetében – ellentétben az állóvizekkel – elmondható, hogy minden nagy víztértípus megtalálható hazánk területén is. A vízfolyások tipizálásában alapvető szempont a vízgyűjtő terület nagysága, a vízfolyás vízhozama és a hossza.

A **folyamok** közös jellemzője, hogy hatalmas vízgyűjtő területük van, ami rendszerint nagyobb, mint 500 000 km<sup>2</sup>. Nagy, vagy közepes vízhozammal rendelkeznek, de vízhozamuk legalább 2 500 m<sup>3</sup>/sec, vagy az fölötti. Hosszuk nagyobb, mint 2 500 km, esésük közepes, vagy kicsi, a meder széles, mély. Vízforgalmuk eu- vagy szemisztatikus, rendszerint egy-egy vízrendszer utolsó tagjaként a tengerekbe (óceánokba) ömlenek. Hazánkban egyetlen képviselőjük van, a Duna, ami érdekes módon éppen Budapest térségében éri el azt a vízhozamot, amittől kezdve már folyamnak lehet nevezni.

A **folyók** jelentős – 500 km<sup>2</sup>-nél nagyobb – vízgyűjtő területű, tekintélyes hosszúságú (50 km-nél hosszabb), számottevő (több, mint 5 m<sup>3</sup>/sec) átlagos vízhozamú, változó (nagy, közepes vagy kis) esésű, közepes mederméretű, vízforgalmi szempontból nagyon különböző jellegű (eu-, szemi-, sőt arid éghajlatú vidékeken gyakran asztatikus típusú) vízfolyások. Rendszerint a nagyobb folyamok vagy folyók vízgyűjtő területének egy-egy részletéről szedik össze a vizeket, de torkollhatnak közvetlenül óceánokba és tengerekbe, ill. kontinentális állóvizekbe is. A folyókon belül általában három nagyobb csoportot szoktak elkülöníteni. Ha a vízgyűjtő terület nagysága 100 000–500 000 km<sup>2</sup>, a folyó hossza 1 000–2 500 km, a vízhozam pedig 400–2500 m<sup>3</sup>/sec közötti, akkor **nagyfolyóról** beszélünk. Tipikus hazai példája a Tisza. Amennyiben a vízgyűjtő terület nagysága 10 000–100 000 km<sup>2</sup>, a folyó hossza 250–1 000 km, a vízhozam pedig 50–400 m<sup>3</sup>/sec közötti, akkor **közepesfolyóról** – hazai jellegzetes képviselője a Szamos – ha pedig a vízgyűjtő terület nagysága 500–10 000 km<sup>2</sup>, a folyó hossza 50–250 km, a vízhozam pedig 5–50 m<sup>3</sup>/sec közötti, akkor **kisfolyóról** beszélünk. Jellegzetes kisfolyónk a Hortobágy-Berettyó.

**Kisvízfolyások** névvel foglalják egységbe azokat a víztértípusokat, amelyeknek vízgyűjtő területe nem éri el az 500 km<sup>2</sup>-t, átlagos vízhozamuk kevesebb, mint 5 m<sup>3</sup>/s, hosszúságuk pedig kisebb, mint 50 km. Elkülönítésük – patak, csermely, ér – Magyarország jellegzetes geomorfológiai, klimatikus és hidrológiai adottságai miatt nagyon fontos.

A **patakok** általában nagy vagy közepes esésű völgyekben futó, túlnyomórészt gyors folyású, helyenként sellőszuhatagos, általában köves-kavicsos medrű, ritkás növényzetű, rendszerint magashegységi vagy magasabb középhegységi kisvízfolyások (ilyenek pl. a Kemence-patak a Zempléni-hegységben; a Szalajka és a Garadna a Bükkben; a Cuha a Bakonyban). Érdekes megfigyelni, hogy a magyar népi és földrajzi nevezéktanban a teljesen egyértelműen ide tartozó kisvízfolyásoknak sok esetben olyan egyedi nevük van, amelyekhez nem kapcsolódik toldalékként a patak szó. Ugyanakkor az is tapasztalható, hogy a víztér-tipológiai szempontból egyértelműen csermely, vagy ér víztértípusba tartozó vízfolyásokat is pataknak neveznek.

A **csermelyek** közepes vagy kis esésű völgyekben, medencékben, buckaközi mélyedésekben csörgedező, csendes folyású, változatos (kavicsos-homokos, durva és finom homokos, sőt helyenként homokos-iszapos) üledékminőségű kisvízfolyások, rendszerint gazdag vízszegélyi növényzettel és szerves törmelék-felhalmozódással. A csermelyek főként alacsonyabb középhegységekre, fennsíkok lankásabb részeire, hegylábi felszínre, dombvidékekre, továbbá az alföldi területek tagoltabb felszíneire jellemzőek (mint pl. a Csincse a Bükkalján, a Keleméri-patak a Borsodi-dombságon, a Váli-víz az Etyeki-dombság szegélyén, a Burnót-patak a Balaton-felvidéken, a Rigóc a Közép-Dáva-melléken, a Kállai-főfolyás a Nyírségben). Meg kell említeni, hogy a magyar népi és földrajzi nevezéktanban a csermely – ritka kivételektől eltekintve – nem szerepel toldaléknévként, az ehhez a típushoz tartozó kisvízfolyásokat is általában pataknak nevezik, ill. valamilyen speciális, rendszerint egy adott tájra jellemző névvel látják el (mint pl. -víz, -folyás).

Az **erek** a nyílt, lapályos alföldi területek, esetleg hegyvidéki lapos fennsíkok sekély, szétterült, csaknem pangó vizű, szélsőséges vízjárású, homokos-iszapos mederanygú kisvízfolyásai, a meder túlnyomó részén dús vegetációval (nagyobb vízmennyiség esetén nemcsak mocsári-, hanem hínárnövényzettel is) és nagyon jelentős növényi törmelék-felhalmozódással (ilyenek pl. a Tócsa a Hajdúságban, az Ölyvös a Bihari-síkon, az Árkus-ér a Hortobágyon). Ebben az esetben is megfigyelhető, hogy a magyar népi és földrajzi nevezéktanban a teljesen egyértelműen ide tartozó kisvízfolyásoknak szintén toldalék nélküli egyedi nevük van. Végül fontos



megemlíteni, hogy az ér szót a magyar népnyelv olykor a kis vízhozamú forrásokból eredő kisvízfolyások, az ún. forráserek megjelölésére is használja, ebben az összetételben azonban az "ér" szó többnyire nem ezt a víztípust fedi le, mivel a kisebb forráskifolyók víztérpolitógiailag inkább csermelyeknek felelnek meg.

Hazai körülmények között rendszeresen előfordul, hogy a különböző osztályozási szempontok szerint ugyanaz a vízfolyás két, sőt esetleg három kategóriába is tartozhat. Ennek oka lehet például a csapadékszegénység, az egyenlőtlen csapadékeloszlás, a tározás, a vízkivételek, stb. Ilyenkor úgy járunk el, hogy a vízfolyást abba a csoportba soroljuk, ahova a többi szempont figyelembevételével tartozik. Ha minden szempont szerinti besorolás különbözik, akkor mindig a középső kategóriát kell választani.

## 1.4. Források víztértípusai

A **források** a felszín alatti vizek feltörései, s így átmenetet képeznek a felszín alatti és a felszíni vizek között. Három fő típusát különböztetik meg: a reokrén, a limnokrén és a helokrén forrásokat.

A **reokrén (zuhogó) források** meredek sziklafalból fakadnak. Rendszerint bővizűek, eu- vagy szemisztatikus vízforgalmúak, altalajuk köves, növényzetben általában szegények. Leggyakrabban mészkőhegységekben fordulnak elő (ilyennek tekinthető pl. a Bükkben a Szalajka-völgyi Sziklaforrás, bár eredeti vízhozama a vízellátási célú megcsapolás miatt mára már jelentősen lecsökkent).

A **limnokrén (feltörő) források** olyan medenceszerű források, melyek alulról vagy oldalról telnek meg vízzel. Általában közepes vízhozamúak, többnyire szemi- vagy asztatikus vízforgalmúak. Medrük homokos-iszapos, gazdag szerves törmelék-felhalmozódással vagy növényzettel. Hegyvidékekre jellemzőek, elsősorban vulkanikus alapkőzetű hegységekben gyakoriak (ilyen volt pl. a Zempléni-hegységi források zöme a forrásfoglalások előtt).

A **helokrén források (mocsárforrások vagy forráslápok)** nem valamilyen meghatározott helyen lépnek ki, hanem nagyobb, s többé-kevésbé vastag talajrétegen keresztül szivárognak fel, s ezért a forrás területe elmocsarasodik vagy elláposodik. Általában csekély vízhozamúak. A forráslápok eusztatikus, a mocsárforrások pedig szemi- vagy asztatikus vízforgalmúak. Medrük rendszerint dús növényzetű, szerves törmelék-felhalmozódásban gazdag, a forráslápoknál gyakran tőzeges. A helokrén források főleg középhegységeinkre és dombvidékeinkre jellemzőek (ilyen pl. a Létrási-forrásláp a Bükkben), de esetenként a változatosabb felszíni alföldi területeken is megtalálhatók (mint az egykori halápi mocsárforrások a Nyírségben).

A **foglalt források** külön típust képeznek, függetlenül a kialakítás módjától. Vizüket valamilyen műtárgy segítségével fogják fel és/vagy gyűjtik össze.

## 1.5. A felszín alatti vizek víztértípusai

Felszín alatti vizeken a földkéreg üreg-, hézag- és pórusrendszereit kitöltő vizeket értjük (14. ábra).



14. ábra: A felszín alatti vizek áttekintő tipológiája

A felszín alatti vizeknek első közelítésben – a hidrológiai körfolyamatban elfoglalt helyük alapján – három fő típusa van: a juvenilis, a vadózus és a fosszilis vizek.

**Juvenilis vizeknek** a földkéreg számára új, mélységből felszálló (ún. profundus) vizeket nevezzük (amilyenek pl. a Yellowstone Nemzeti Parkban az utóvulkanikus működés eredményeként feltörők).

**Fosszilis vizeken** a hidrológiai körfolyamatban korábban már részt vett, de mélyre és hosszú időre eltemetett, általában a régi tengerek vizéből visszamaradt vizeket értjük (amilyen az ártézi vizek túlnyomó többsége).

A **vadózus vizek** viszont a víz földi körfolyamatában állandóan és régtől fogva részt vesznek, s általában a csak csekély mélységig lehatoló, felszínről beszivárgó (ún. infiltrációs) vizekből képződnek.

A vadózus vizeket, amelyek hidrobiológiai szempontból a felszín alatti vizek közül a legfontosabbnak számítanak, a földkéreg (litoszféra) üreg- és hézagrendszereiben elfoglalt helyük alapján három csoportra tagolhatjuk: a barlangi vizekre, a hasadékvizekre és az átitató vizekre.

**Barlangi vizeknek** a földalatti üreg- és hézagrendszereket nem folytonosan, tehát levegővel együtt kitöltő állóvizeket és vízfolyásokat nevezzük.

**Hasadékvizeken** a földkéreg üreg- és hézagrendszereit folytonosan kitöltő vizeket értjük, amelyek lehetnek álló- és áramló víz jellegűek, de ezeket külön típusként nem különítjük el.

Az **átitató (intersticiális) vizek** a földkéreg laza üledékeinek, lerakódásainak apró közeit (pórusait) töltik ki, szintén álló- vagy áramló víz jelleggel, de ebben az esetben is önálló típus elkülönítése nélkül.

Az átitató vizek a hidrológiai körfolyamatban betöltött helyzetük alapján két csoportba sorolhatók: a partmenti és a parttávoli átitató vizek közé.

A **partmenti átitató vizek** minden esetben felszíni vizekhez kapcsolódnak, tulajdonképpen azok folytatását jelentik a felszín alatt, az alapkőzetben, elsősorban a medret körülölelő talajban és a laza üledékes kőzetekben.

A **parttávoli átitató vizek** viszont kizárólag csapadékvízből táplálkoznak, beszivárgás (infiltráció) vagy kicsapódás (kondenzáció) révén.

A parttávoli átitató vizek a geológiai (elsősorban rétegtani) viszonyok alapján három csoportba tartoznak.

A **talajnedvesség** a talajszemcsékhez tapadt és a kapilláris vizek összefoglaló neve. Helyzetét tekintve általában a talajvízszint fölötti pórusrendszereket nem összefüggően, tehát a talajlevegővel keverten kitöltő vizeket jelenti.

**Talajvíznek** a felszíntől számított első folytonos vízzáró réteg felett összegyűlt, minden hézagot összefüggően kitöltő víztömeget nevezzük (szabad- vagy nyílttükrű vizek). Ha a talajvíz felszíne a neutrális zóna, azaz a felszíni hőmérsékletingadozások által már nem befolyásolt sáv alatt van, akkor mélyvízről (mélytalajvízről) beszélünk. A talajvizek természetes körülmények között kizárólag csapadékvízből pótlódnak, de ma már egyes területeken számottevő lehet a mesterséges eredetű utánpótlódás is (pl. öntözővizekkel, szikkasztott szennyvizekkel).

**Rétegvíznek** az alul-felül vízzáró közzel határolt felszín alatti vizeket nevezzük (zárttükrű vizek). Vízutánpótlásuk szintén csapadékvíz eredetű, csak annak a vidéknek a csapadékvizei táplálják, ahol a vízvezető réteg a felszínre bukkan. Hazánkban fontos ivóvízbázisok.

A felszín alatti vizek vízforgalmukat tekintve általában eusztatikusak, de tartozhatnak adott esetben – különösen a felszín közeli víztípusoknál – mindhárom vízforgalmi csoporthoz (az asztatikus vizekhez kapcsolódó partmenti átitató vizek vagy az arid tájak talajvizei pl. szintén igen gyakran asztatikusak).

## 2. Tesztfeladatok .

---

## 8. fejezet - A Duna

A Duna neve az ősz-indoeurópai nyelv „danu” – folyó, folyam – szavából ered, leginkább az oszét nyelv don – víz, folyó – szava hasonlít hozzá. Miután a Duna alsó folyásának régi neve „Ister”, sokan sumer eredetet látnak a Duna kapcsán, a sumerok által a termékenység és a háború istennőjének tartott Istár-nak, a nevére utalva. Azok a nyelvészek, akik a magyarok eredetét is sumer ősökre vezetik vissza, egyik bizonyítékukként Esztergom nevét szokták említeni, ami olvasatukban eredetileg „Istár-gam” (ahol az Ister folyó kanyarodik) volt.

**Kialakulásáról** elmondható, hogy a Duna jelenlegi vízgyűjtőterületén legkorábban a harmadkor elején – a jelenlegi felső szakasz területén – jelentek meg vízfolyások, amelyek az Inn, Mura, Dráva, Morva, Vág folyók kezdeményei voltak, és közvetlenül a Pannon-tengerbe ömlöttek. A miocén időszakában a tenger kezdett visszahúzódni a hegységek vonulatai közül, aminek következtében a hegyekről lefolyó vizek egy mederbe terelődve, egyre hosszabb futással érték el azt.

Maga a Duna a pliocén időszakban kezdett létrejönni. A Nyugati-Alpokból víztömegeket szállító vízfolyások a hegyekből leszállított hordalékanyaggal legelőször a Bajor-medencét töltötték fel, majd ezután kezdte meg útját keleti irányba. Még a pliocén időszakban eljutott a folyó a jelenlegi Kisalföld területéig, de ekkor itt még déli irányba vezetett az útja, mert az akkor még mélyebben fekvő Dráva-Száva-köze erre vezette a lefolyó vizeket, és feltehetően a mai Dráva medrét elérve kanyarodott ismét kelet felé. A pleisztocénban azonban feltöltődés és tektonikai mozgások következtében elzáródott ez a Dél felé vezető út és kezdett kialakulni a Duna Kisalföldi szakasza. A nyugatnak tartó folyó a mai Dunakanyar környékén délnek fordult, és lassan feltöltötte a magyar Alföldet is. A Dinári-hegység és a Kárpátok találkozásánál lévő Vaskapu szoros áttörése után kiért a Román-alföld-re és ott folytatta feltöltő tevékenységét. A folyam legfiatalabb szakasza a Dobruzsza nyugati oldalán található dél-észak irányú folyása, amely csak a pleisztocén végén alakult ki és nyerte el a mai formáját. Ekkor már a Duna a – szintén az ebben a korban kialakuló – Fekete-tengerbe torkollott. A jelenkor kezdetétől (holocén) az Al-Duna északi részének és a Duna-deltának a kialakítását végezte a folyó, de itt, a Duna mederfejlődése napjainkban is tart. A szállított hordalékanyagot a tengerhez érkeve lerakja, aminek eredményeképpen a szárazföldet építi a Fekete-tenger felé, aminek sebessége – számítások szerint – mintegy öt méter évente. A Duna folyam jellegzetessége, hogy a különböző földtörténeti korokban más és más területű ártérrel rendelkezett, és ezeknek az ártereknek a maradványai ma is megfigyelhetők a Duna mentén, a vízfolyást kísérő teraszok formájában.

**Jelenlegi futását** nézve a Duna – a Volga után – Európa második leghosszabb folyama. Németország területén (Fekete-erdő) ered, tulajdonképpen két kis vízfolyás, a Brigach és a Breg összefolyásával, Donaueschingen városánál. A városka külön nevezetessége a Duna jelképes forráskútja (16. kép).



16. kép: A Duna jelképes forráskútja Donaueschingennél (<http://hu.wikipedia.org/wiki>)

A vízfolyás innen indul el, mintegy 2850 km-es útjára, a Fekete-tenger felé. Futása mentén tíz országot – Németország, Ausztria, Szlovákia, Magyarország, Horvátország, Szerbia, Románia, Bulgária, Moldova, Ukrajna – érint, de a mintegy 817 000 km<sup>2</sup>-es vízgyűjtő területéből részesedik még Bosznia-Hercegovina, Csehország, Szlovénia, Svájc, Olaszország, Lengyelország, és Albánia is (15. ábra). Forrásának magassága 1078 m-en van, vízhozama 30 km-rel Passau előtt 580 m<sup>3</sup>/s, Bécsnél 1900 m<sup>3</sup>/s, Budapestnél 2350 m<sup>3</sup>/s, a torkolat előtt pedig 6500 m<sup>3</sup>/s.



15. ábra: A Duna útja Európában (<http://hu.wikipedia.org/w>)

Magyarország egész területe e folyam vízgyűjtőjén terül el, itteni főágának hossza 417 km, ezért az ország vízrajzának meghatározó eleme.



A Duna forrásvidéke gyakorlatilag azonos a Rajnáéval. A Rajna később alakult ki a Dunánál, de a forrásvidéke mélyebben is fekszik annál, így az alapvetően porózus mészkőből álló hegységből nagyszámú kisvízfolyás – sokszor a felszín alatt haladva – a Duna forrásvidékén keletkező vizek egyre jelentősebb részét szállítja a Rajna felé. Mivel a lefolyó víztömegek lassan erodálják a mészkövet, ez a geológiai szerkezet predesztinálja azt, hogy, a terület előbb-utóbb jelentős mértékben át fog alakulni. Ennek az átalakulásnak az egyértelmű vesztese a Duna lesz, mert a jelenlegi legfelső folyásának területéről lényegében az összes víz, a Rajna vízgyűjtőjébe fog áramolni.

**Szakaszait tekintve** elmondható, hogy – mint a vízfolyások többségét – a Dunát is három nagy szakaszra – Felső-, Középső- és Alsó-Dunára – lehet osztani. A felső szakasz a Duna forrásától nagyjából a Morva folyó torkolatáig tart. Itt alapvetően a gyors sodrás (1,5-3 m/s), és a meder, jelentős esése jellemző. A folyó a nagy vízsebesség miatt intenzíven bontja medrének kőzetanyagát, s az így keletkezett hordalékot szállítja. Ez egy öngerjesztő folyamat, mert minél több hordalék áramlik a mederben, a víz annál „érdesebb” lesz, és a hordalékanyagok hozzásegítik a folyót a meder még intenzívebb mélyítéséhez és a partok további rombolásához. A szállított hordalék mérettartománya a kezdeti szakaszokon még meglehetősen durva, később egyre kisebbé válik, s a vízsebesség csökkenésével a kiüledés is egyre jelentősebb lesz.

A lerakott hordalékból előbb zátonyok keletkeznek, amelyek intenzívebb áradások során el is tűnhetnek, anyagukat tovább szállítja és ártrendezi a folyó. Zátonyként tartjuk nyilván a mederben felhalmozódott kőzetanyagot addig, amíg az a középvízállásnál alacsonyabb vízállásoknál rendszeresen szárazra kerül (Dévai és mtsai. 1999). Ha a kőzetanyag felhalmozódása folytatódik, és a középvízállásnál magasabb vízszinteknél is szárazon marad a kőzetanyag, már sziget kialakulásának vagyunk a tanúi. A nagy mennyiségű durva hordalékból épített zátonyok, szigetek, mellékágak kialakulása elsősorban a középszakasz jellemzői. A Duna középső szakasza a Morva torkolatától nagyjából a Kárpátok déli vonulatáig, Szörényvárig tart. A középső szakaszon a folyó sebessége mérséklődik, 1,1-1,2 m/s-ra. Ha ilyen szakaszon a folyó mederanyaga laza, löszös, akkor itt is megfigyelhető a meder mélyülése (Gönyű, Komárom, Érd, Mohács). A laza mederanyag következtében mélyülő folyó mellett magaspartok alakulnak ki, ahol viszont fokozott suvadás veszély áll fenn, és a magaspartok időnként belecsúsznak a mederbe. A közép-szakasz alsó részén található a Vaskapu vízerőmű, melynek gátját 1972-ben adták át. A visszaduzzasztott folyam itt elérheti a 70 méteres mélységet is (17. kép), miközben sodrása a felvízi szakaszon jelentős mértékben lelassul. A duzzasztómű utáni alvízen a sebessége azonban ismét elérheti, akár az 5m/s-ot is.





17. kép: A vaskapu előtti duzzasztott Duna szakasz (<http://hu.wikipedia.org/w/index>)

A Duna alsó szakaszát Szörényvártól a Duna-deltáig számítjuk. Ezen a szakaszon jellemző, hogy folyása meglehetősen lassú, a meder esése nagyon kicsi. Az alsó szakasztól jól elkülöníthető a Duna-delta, amire a több ágra szakadó, szinte állóvízzé váló folyam szétterülő vize a jellemző. Az állóvízi jelleg miatt, az eddig szállított kisméretű, finom, könnyű hordalékanyagokat is lerakja. Itt már érvényesül a Fekete-tenger hatása is. Apálykor a víztömeg áramlása a tenger felé kissé meggyorsul, dagálykor viszont a tenger víztömege útját állja a Duna víz beáramlásának, a víztömeg megtorpan és – különösen a tenger közvetlen közelében – visszaáramlás is megfigyelhető.

**A vízjárását** elemezve elmondható, hogy a Duna – teljes egészét nézve – folyamnak tekinthető, de természetesen mélysége, szélessége, sebessége a felső szakasztól a torkolat felé haladva, folyamatosan változik. A felsőszakaszokon a folyó keskeny, gyors folyású – 1,5-3 m/s – és mély. Sík vidékeken a sebesség 1,1-1,2 m/s-ra csökken. A zsilipekkel – felső szakasz – illetve vízlépcsőkkel duzzasztott – közép szakasz – szakaszokon a duzzasztómű jelentősen megváltoztatja az áramlási viszonyokat. A duzzasztás előtt a víz visszatörlik, sebessége lecsökken, a vízlépcső után viszont jelentősen felgyorsul az áramlás. A folyó szélessége a vízhozam növekedésével arányosan növekszik. A legfelső szakasz néhány méter széles medre után Ingolstadt-nál már 100 m körüli, Budapestnél eléri a 350 m szélességet, Zimornánál mintegy 1300 m szélességűvé válik, de a torkolatvidéken a szélessége elérheti a 15 kilométert is. A folyam vízjárása változó. A mérsékelt övre jellemző vízfolyásokhoz hasonlóan vízszintje elsősorban tavasszal, az Alpok hótakarójának olvadásakor emelkedik jelentősen. Az áradások hatása alapvetően másként érinti az egyes szakaszokat. A felső szakaszokon, ahol a meder és az ártér kicsi, heves áradások jellemzőek, de ezek a jelentős esés következtében nagyon hamar le is vonulnak. A lentebbi szakaszokon az árvizek hevesége csökken, de a víztömeg tartózkodási ideje jelentősen megnövekszik, vagyis az árhullámok jelenléte elhúzódik.

**A Duna futása mentén** igen sok mellékággal rendelkezik, ezek közül a hazánkban előforduló jelentősebbek a Kis-Duna, a Mosoni-Duna, a Szentrendrei-Duna és a Ráckevei-Duna. Ezek a kisebb-nagyobb ágak szigeteket zárnak közre, melyek közül a legjelentősebbek a Csallóköz, a Szigetköz, a Szentendrei-sziget, a Csepel-sziget, és a Mohácsi-sziget. A Dunába – teljes hosszában – több mint harminc jelentős mellékfolyó szállítja vizét, de hazánk területén csupán háromnak található a torkolata (Rába, Ipoly, Sió). A Duna legnagyobb mellékfolyója a Tisza, Szerbia területén torkollik a Dunába.

**Élővilágáról elmondható,** hogy a Nyugat-Európában induló, Közép-Európát és a Balkánt átszelő Duna különböző éghajlatú, mederanyag minőségű, csapadék és lefolyás viszonyú területeken folyik keresztül, ami alkalmat teremt arra, hogy – mind hosszában, mint az egyes szakaszok keresztmetszében – rendkívül változatos élővilágnak biztosítson megélhetést. A fő meder intenzíven áramló vizében, főleg áramlásokkedvelő (reofil) élőlényközösségek élnek, de a folyamban kialakult mellékágak, a folyamat szegélyező holtágak és holtmedrek alkalmat adnak a lassú áramlást, vagy a kifejezetten állóvizet kedvelő (limnofil) élőlényközösségek megtelepedésére is.

Ezt a változatos élővilágot ennek a jegyzetnek a keretében meg sem próbáljuk bemutatni, hiszen a Magyar Tudományos Akadémia Ökológiai Kutatóközpont Duna Kutató Intézetének munkatársai több mint ötven éves múltú visszatekintően vizsgálják a Duna élővilágát, döntő részben a hazai, de – különböző projektek keretében – határainkon túli szakaszokon is (Nosek-Oertel 2007). A kutatói közösség által közzétett publikációk és az aktuális projektek leírásai – amelyekből a Duna élővilágáról, hidrológiai és hidrobiológiai sajátosságairól szinte napra kész információkat szerezhetünk – megtalálhatók az intézet honlapján, ami a következő címen érhető el: <http://www.mta-dki.hu/node/4312>.

A folyam természetvédelmi értékességét felismerve, az 1970-es évektől kezdődően a Duna mentén sorra alakultak nemzeti parkok és tájvédelmi körzetek, amelyek magukba foglalták a folyam kapcsolódó szakaszait is. A Duna hosszában összesen 11 Nemzeti Park, ill. természetvédelmi terület van, melyek közül hazánk területén található a Szigetközi Tájvédelmi Körzet, a Duna-Ipoly Nemzeti Park, és a Duna-Dráva Nemzeti Park, melynek része a Gemenci-erdő.

**Az emberi beavatkozásokat** – Európa számos más vízfolyásához hasonlóan – a Duna sem kerülhette el. A tizenkilencedik századi folyamszabályozási munkák drasztikusan átalakították a középső és az alsó szakasz ökológiai rendszereit, alapvetően a mellékvízfolyásokon végzett átalakító tevékenység következtében. A mellékfolyók (főleg a Tisza) számos kanyarulatát levágták medrét gátak közé zárták. Mind a mellékfolyók, mind a Duna partját sok helyen kikövezték, a szigetek egy részét kőgáttal leválasztották a mederről. Az így elzárt mellékágakban megszűnt a víz folyamatos áramlása, holtágakká váltak, és felgyorsult azok feltöltődése. Az egykori, összefüggő ártéri erdőknek csak maradványai maradtak fenn. A szabályozásokkal egyre nagyobb

területet árvízmentesítettek, és ennek következtében az eredeti medernek a töltések magasítása mellett egyre nagyobb víztömegeket kellett átbocsátania. A leülepedő hordalék sokkal keskenyebb, ráadásul állandó helyzetű ártéren terült szét, illetve a mederben rakódott le, a szabályozott folyókon megritkultak az árvizek, de korábban nem tapasztalt vízállások jelentek meg, veszélyeztetve olyan területeket is, amelyeket korábban nem érintett az árvíz. A huszadik században az átalakító tevékenység tovább folytatódott, a folyam felső (főleg ausztriai) szakaszán vízlépcsők sorát építették ki, teljesen megváltoztatva ezzel a folyó természetes vízjárását és gyakorlatilag megszüntetve a hordalék alpi utánpótlását. A rendszer hazánk területe előtti utolsó tagja a Szlovákiában felépített bösi vízlépcső, aminek üzemvíz-csatornája Szapnál torkollik a Duna főmedrébe. Mivel a mederbe visszaengedett vízben gyakorlatilag nincs hordalék, a folyam a Szap alatti szakaszon a mederből gyűjt magának hordalékot, aminek hatására a meder mélyülése mára túllépte a 12 métert. A Dunakanyar fölötti szakaszon a folyó – és ezzel a talajvíz – szintje fokozatosan csökkent, a part menti élőhelyek pusztulásnak indultak. A part mentén a legnagyobb veszély a Duna-Ipoly Nemzeti Park ártéri keményfa ligeteit fenyegeti. A felszedett hordalékot a folyam később lerakja, és bizonyos szakaszokon pl. Rajka és Gönyű térségében, zátonyokat is épít. A korábban Bős-Nagymarosi vízlépcsőként tervezett rendszer hazánkra eső részét Magyarország nem építette meg, ami máig ható vitákat gerjesztett. Ebben az időszakban a folyam középszakasza alsó részének eredeti jellegét az 1972-ben átadott Vaskapu vízlépcső építése alakította át jelentősen.

A Duna nemzetközi hajózási útvonal. A torkolatától Brailaig tengeri, onnan Ulmig folyami hajókkal járható. A Duna mellett számos mellékfolyója is hajózható. A hajózás megkönnyítése és gyorsítása érdekében több csatorna is kapcsolódik a Dunához, melyek közül a legjelentősebb a Rajna-Majna-Duna-csatorna, amely hatására a Duna része lett egy Sulinától Rotterdamig tartó transzkontinentális, folyami hajózási útvonalnak. A hajózhatóság fenntartása szintén sok szakmai vita alapja. A vízmérnöki szemlélet a probléma megoldását elsősorban a meder rendszeres kotrásában látja, míg az ökológusok többségének az a véleménye, hogy nem a Dunát kellene átalakítani a hajók igényeinek megfelelően, hanem olyan hajókat kellene tervezni, amik igazodnak a Duna feltételrendszeréhez.

A Duna vizét emberi fogyasztásra különböző mértékben használják. Közvetlenül a mederből, tisztítások után hasznosítják ivóvízként a Duna vizét Baden-Württemberg tartomány mintegy 30%-ában, Ulmban, Passauban, és néhány romániai településen. Sok helyen azonban a víz nagyfokú szennyezettsége miatt az ivóvíz ilyen formában nem nyerhető. Elsősorban hazánkban elterjedtek el jelentős mértékben a parti szűrészű kutak, amelyek szinte az egész tágabb Duna mente, így Budapest ivóvízszükségletét is döntő részben biztosítják.

Korábban a Dunán jelentős halászati tevékenység folyt. Mára a halállománya nagyban lecsökkent, így a kereskedelmi célú halászat mára szinte csak a Duna-deltára korlátozódik.

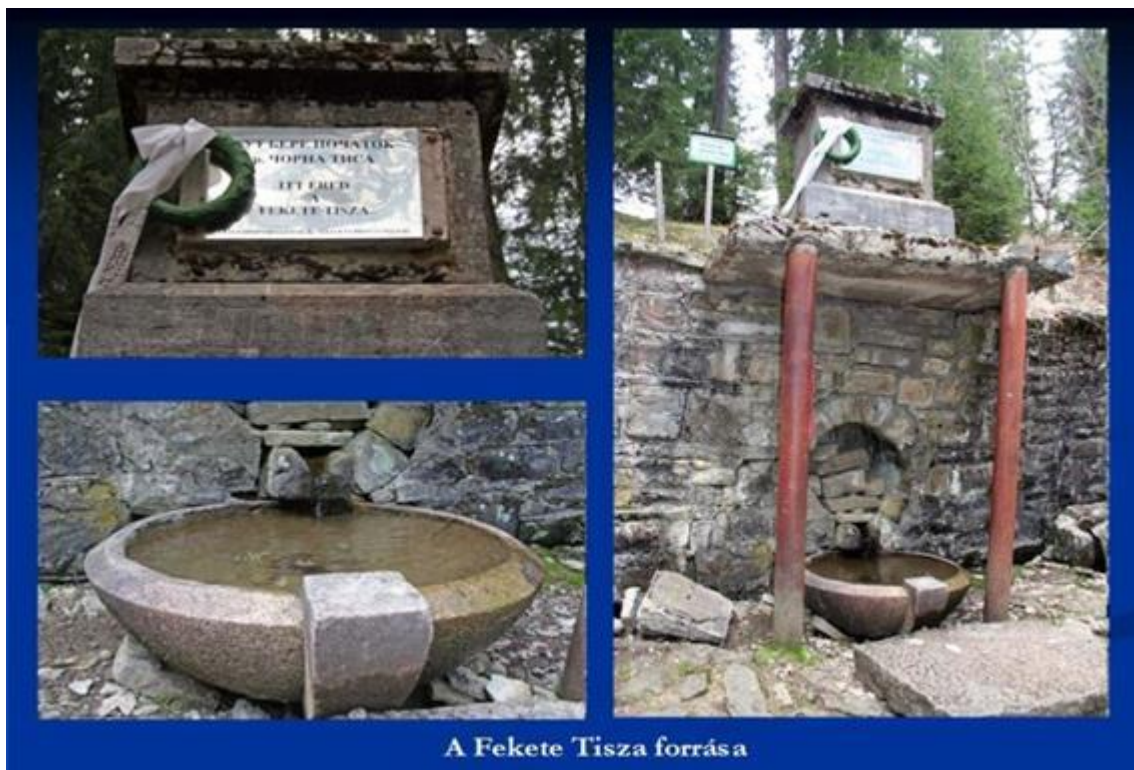
**Az EU Duna-régiós Stratégia** részleteinek kidolgozására az EU állam és kormányfői 2009 júniusában kérték fel az Európai Bizottságot. 2010. február 25-én a Duna Stratégiáról folytatódott a magas szintű egyeztetések nyolc ország – Ausztria, Bulgária, Csehország, Magyarország, Románia, Szlovákia és Szlovénia – között. Szlovénia és Csehország nem Duna menti állam, de ehhez a régióhoz tartozónak érzik magukat. Az együttműködés lehetőségét nyitva hagyták további hat Duna-menti, ugyanakkor nem EU-tagállam országnak is: Horvátország, Szerbia, Ukrajna, Moldávia, Bosznia-Hercegovina és Montenegró a közeljövőben várhatóan csatlakozik a kezdeményezéshez, hiszen kormány szintű képviselőkkel voltak jelen már a budapesti konferencián is. A résztvevők elsősorban az együttműködés lehetséges területeit vázolták fel, amelyből később a stratégiát kidolgozó Európai Bizottságnak lesz lehetősége válogatni. Mivel a végeredmény egy roppant széles körű és lezáratlan felsorolás lett, az országok gyakorlatilag szabad kezlet adtak a Bizottságnak. A kiadott nyilatkozat szerint ugyanis az említett nyolc ország vállalja, hogy közösen lépnek fel a régió előtt álló kihívások, például a környezetvédelem, a természetvédelem, a szállítási infrastruktúra – ide értve a folyami hajózást és vasút vonalakat – az energiabiztonság, a migráció, a demográfia, a klímaváltozás és a globális válságok terén. A felsorolt témákat rendszerezve, az egyes országok különböző részterületekért lesznek felelősek. Hazánkban az 1001/2011. (I. 14) Korm. határozat szól, az Európai Unió Duna Makro-regionális Stratégiája magyar programjának előkészítéséről. Magyarország társkoordinátori szerepet kapott a „vízminőség védelme és megőrzése” (Szlovákia-Magyarország), és a „környezeti kockázatok kezelése” (Magyarország-Románia) témakörökben és bedolgozik a Németország által koordinált biodiverzitás témakörben. Ezek az együttműködések minden bizonnyal komoly lehetőségeket teremtenek a Duna hidroökológiai sajátosságainak mind szélesebb körű feltárásához.

## 1. Tesztfeladatok .

# 9. fejezet - A Tisza

## 1. Eredete, kialakulása

A Tisza a Duna leghosszabb mellékfolyója, Közép-Európa legfontosabb folyóinak egyike, amely áthalad Magyarország, Románia, Szlovákia, Ukrajna, valamint Szerbia területén (Lászlóffy 1982). A Tisza tulajdonképpen két forrásból ered – amelyek egymástól légvonalban csupán 53km-re vannak – de miután a vízfolyások esetében az a nemzetközi gyakorlatban elfogadott szokás, hogy mindig a torkolattól legtávolabb lévő forrást tekintik egy vízfolyás kiinduló pontjának, így hivatalosan a Fekete-Tisza forrását kell a Tisza kiindulásának tekinteni. A Fekete-Tisza indulópontja tulajdonképpen egy foglalt forrás (18. kép).



18. kép: A Fekete-Tisza forrása (Egri S. fényképei alapján)

A foglalt források esetében mindig valamilyen kiépített műtárgy segítségével fogják fel a forrás vizét. Ökológiai szempontból nyilvánvalóan nem helyeselhető ez a módszer, de sok esetben – mint pl. a Fekete-Tisza esetében is – érzelmi, kulturális jelentősége nagy lehet egy ilyen megoldásnak, mert a forrás szinte zárandokhellyé válhat. A tulajdonképpeni Tisza-folyó a Fekete- és a Fehér-Tisza összefolyásával kezdődődik (19. kép).

Kialakulásának kezdete a harmadidőszak végére, nagyjából 1,5 millió évvel ezelőttre esik. A pliocénben hazánk területén zárt medence alakult ki, amiben kezdetekben a Pannon beltenger foglalt helyet, de ez a korszak végére folyamatosan feltöltődött. Ekkor az Északi- és Északkeleti-Kárpátokból lefolyó vizek a mai Ér, Berettyó és az Ős-Maros vonalán érkeztek Pannon-medencébe. A pleisztocén időszakban a Tisza jelenlegi medrének kialakulásához döntően a Bodrogek-Szatmári-síkság mérsékelt megsüllyedése és a Nyírség erőteljesebb megemelkedése vezetett. A folyó elhagyta az Ér-Berettyó-Körösök menti útvonalát, pályája északra tolódott és észak-nyugati kanyarra kényszerült az Alföld északi peremén. További útvonalát a bodrogekői a hortobágyi, kunsági, borsodi, hevesi, jászági területek határán megsüllyedő térszínnek jelölték ki.





19. kép: A Fekete- és a Fehér-Tisza összefolyása Rahó fölött (<http://hu.wikipedia.org/wiki/>)

A folyamatos mederváltozások során a Tisza több ágra szakadt, ill. amikor a hegyekből az Alföldre érkezett, relief energiáját elvesztve intenzív hordaléklerakásba kezdett, majd a levonuló árhullámok hatására hol jobb, hol bal partját kezdte építeni, ill. rombolni. Ennek következtében jellegzetesen kanyargó, meanderező mozgással haladt tovább a nyomvonalán.

A Tisza vízgyűjtő területe mintegy 157 000 m<sup>2</sup>. Sajátos helyzet, hogy amíg a vízgyűjtő terület döntő részben Magyarország határain túl található, a teljes hosszának – 962 km – jelentős része hazánk területén van (16. ábra), így a korábbi jelzője, miszerint a „legmagyarabb folyó” még ma is megállja a helyét.





16. ábra: A Tisza vízgyűjtő területe és teljes hossza

Eredeti hossza 1419 km volt, jelenlegi hosszát a 19. században kezdődött mederszabályozási munkálatok során nyerte el. A Tisza szabályozás gróf Széchenyi István javaslatára 1846. augusztus 27-én vette kezdetét, aminek során túlfellett kanyarulatait levágták, a folyót új mederbe terelték (Széchenyi 1846). Ezáltal született 136 km új, épített meder, és a levágott kanyarulatukból létrejött 589 km holtmeder. A munkálatokat alapvetően az motiválta, hogy a rendszeres áradások során a szabályozatlan folyó akadálytalanul járta be árterét. A Nyugat-Európában kialakult gabonahiány viszont a földbirtokosoknak jó üzlettel kecsegtetett, és elhatározás született a termőterület növelésére. Ezt elsősorban a folyókanyarok levágásával, gátak építésével oldották meg, aminek következtében a kialakított gátak két részre – egy mentett oldali és egy hullámtéri – osztották az árteret. Ekkor alakult ki a folyó jelenleg ismert nyomvonala. Az kétségtelen tény, hogy a folyószabályozás eredményeként jelentősen megnövekedett a termőföld területe, lehetővé vált falvak, városok, ill. városrészek építése olyan területeken, amiket korábban áradásokkor rendszeresen elöntött a Tisza, és az árvizek levezetése a korábbinál sokkal gyorsabbá vált (Tóth 2003). Ugyanakkor – mint minden emberi beavatkozás esetében – negatív hatásokkal is számolnunk kell, amelyek halmozódó hatása napjainkban erőteljesen előtérbe került. A víz gyorsabb áramlási sebessége a korábbinál jobban előtérbe helyezte a reofil fajokat, a limnofilokkal szemben. A kialakított védelmi rendszer véget vetett a Tisza korábbi szabad mederfejlődésének, így holtágak, holtmederek a Tisza mentén természetes módon a továbbiakban már nem keletkezhetnek. A levonuló árhullámok a védelmi rendszeren belül haladnak. Az erős sodrás következtében megfigyelhető a meder mélyülése, ami különösen kisvízes időszakban jelent problémát, mert ilyenkor a part menti átitató vizek a meder felé kezdenek áramlani, jelentős mértékben lecsökkentve a talajvíz szintjét. Áradáskor viszont a folyó kilép a medréből, a víz szétterül a keskeny hullámtéren, és a lassuló áramlás következtében sok hordalékot rak le. Ennek következtében a hullámtér igen gyorsan töltődik, fokozatosan szűkítve az árhullám levonulására rendelkezésre álló térfogatot. Az árhullámok levonulásának sebességét tovább csökkenti, hogy a hullámterek jelenleg elhanyagoltak, jelentős részüket sűrűn borítja az invazív gyalogakác (víziakác), ami a hullámtérnek jelentős „érdességet” kölcsönöz.

A Tisza vízállása erősen ingadozó, még a hazánkat elérő felső szakaszon is előfordulhat akár hat méteres vízszintváltozás is egy napon belül. Átlagos vízhozama Szegednél 820 m<sup>3</sup>/s, de mértek már ugyanott 3820 m<sup>3</sup>/s-t is. A Tisza jelentősebb mellékvízfolyásai Ukrajnában a Tarac, a Talabor, a Nagy-ág, a Borzsa, a Latorca, és az Ung. Romániában a Visó, és az Iza. Magyarországon a Túr, a Szamos, a Lónyai-főcsatorna, a Keleti-főcsatorna, a Bodrog, a Sajó, a Zagyva, a Körösök, és a Maros, míg Szerbiában a Béga.

A Tisza esetében is felmerül, hogy hol vannak a folyó egyes szakaszainak a határai. Különösen a felső szakasz elhatárolása kérdéses. Vannak, akik a Felső-Tisza határát Husztnál állapítják meg, mert itt lép ki a folyó a hegyek közül az alföldre.



20. kép: A Tisza medrének kavicsfelszíne Tiszabecsnél (Miskolczi Margit felvétele)

Vannak, akik Tiszacsécsénél húzzák meg a határt, mert ott végződik az a szakasz, ameddig a Tisza medrének anyaga kavicsos (20. kép).

Más álláspont szerint a határ Záhony térségében húzódik, mivel itt váltja a fel a sóderes, ill. durva homokos mederanyagot, a homokos, iszapos meder. A következő lehetséges határ Dombrádnál húzódik, mert eddig ér el a Tiszaöki vízlépcső visszaduzzasztó hatása, és végül vannak olyan szakemberek is, akik magát a Tiszaöki vízlépcsőt, vagy éppen a Kiskörei vízlépcsőt tekintik annak a helynek, ahol a Felső-Tisza végződik.



21. kép: A visszaduzzasztott Tisza habitusképe Tiszafüred fölött (a szerző felvétele)

Ökológiai szempontból nézve a kérdést, a szakemberek körében közmegegyezésként fogadhatjuk el azt, hogy egyértelműen Dombrád tekinthető a Felső-Tisza határának, mert a Tiszalóki vízlépcső visszaduzzasztó hatása olyan jelentős mértékű változást eredményez a folyó áramlási viszonyaiban, hogy onnan kezdve a folyó semmiképpen sem tekinthető felső szakasz jellegűnek. Ugyanez a visszaduzzasztó hatás ismétlődik a Kisköre-i vízlépcső előtt, aminek eredményeképp a Tisza vizének áramlása ismételten lelassul, a vízmélység jelentősen megnövekszik. A visszaduzzasztott szakasz jellegzetes habitusképe figyelhető meg Tiszafüred térségében (21. kép).

Van olyan praktikus felfogás is, ami a Szamos torkolatát tekinti a felső szakasz végének és a közép szakasz kezdetének, míg a maros torkolatát a közép szakasz végének és az alsó szakasz kezdetének. Az alsó szakasz vonatkozásában ezt el is lehet fogadni. A dunai torkolat előtt olyan klasszikus alsó szakasz jellege – szétterülés, delta-képzés, áramlási sebesség csökkenés – mintha tengerbe ömlene, nincs ugyan a folyónak, de azzal, hogy a Maros nagy mennyiségű durva hordalékot szállít a Tiszába, alapvetően megváltoztatja azt a jelleget, ami a folyó Maros-torkolat feletti szakaszát jellemezte. A fentiekben részletezett szakaszbeosztás nem egyezik a hazai vízügyi szervek – Vízügyi Igazgatóságok – illetékességi határaival. E szerint a Felső-Tisza-vidéki- és a Közép-Tisza-vidéki Vízügyi Igazgatóságok működési területének határa Tokaj, míg a Közép-Tisza-vidéki- és az Alsó-Tisza-vidéki Vízügyi Igazgatóságok határa, Tiszaug.

## 2. Sajátosságai

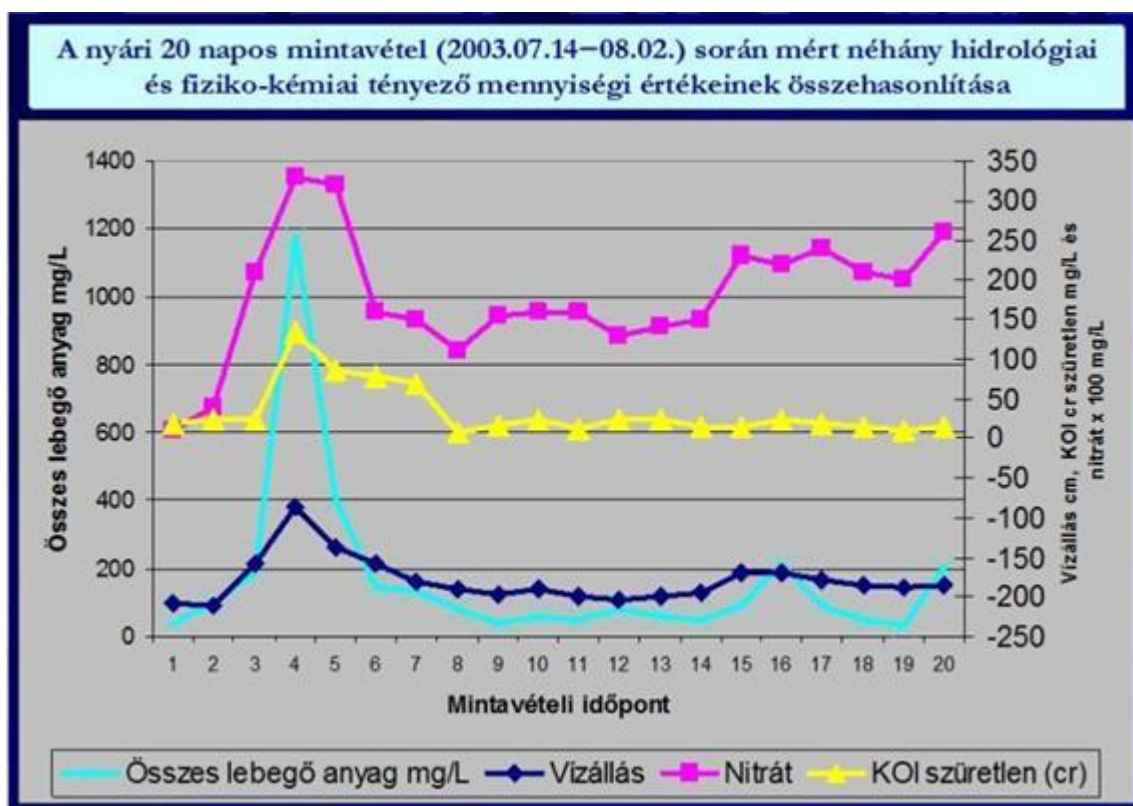
A Tisza és a Felső-Tisza-vidék hidroökológiai állapotának felmérésére 2002-ben indult és 2006-ban fejeződött be egy projekt – NKFP-3B/0019/2002 – ami mindmáig az egyetlen ilyen jellegű munka. Az Európai Unió 2014-2018-as tervezési időszakában – a Duna makrorégiós stratégiájához kapcsolódóan – ennél sokkal átfogóbb kutatási tervek készülnek (Grigorszky és mtsai (2011)). A 2006-ban befejeződött projekt kapcsán érdemes felvillantani néhány fontosabb eredményt.

A Tisza-mogyorós-Lónya közötti keresztszelvényben három éven keresztül zajlottak felmérések, amelyek egyik eleme egy 20 napos napi mintavételen alapuló vizsgálat sorozat volt. Ennek kapcsán érdemes néhány olyan eredményt felvillantani, ami bizonyítja, hogy a Tisza mennyire gyorsan változó, érzékeny ökológiai rendszer. A



fizikai-kémiai sajátosságok közül a vízállás, az összes lebegő anyag, a nitrát és a KOI változását mutatja a 17. ábra, a vizsgált időszakban.

Az ábrán világosan látható, hogy a felmérések kezdete utáni harmadik napon egy rövid ideig tartó (hét nap) és igen enyhe (200cm-es) árhullám jelent meg a vizsgált keresztshelvényben.

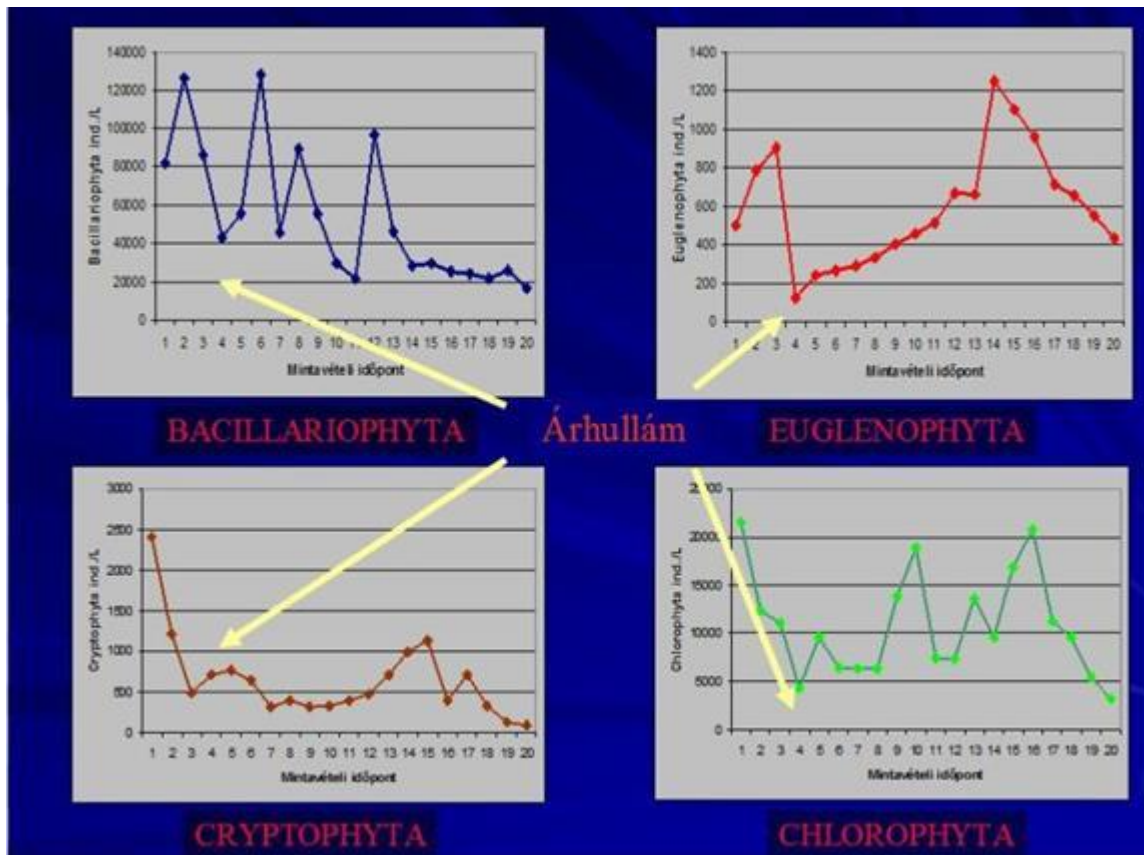


17. ábra: Néhány fiziko-kémiai tényező változása (Grigorszky I. nyomán)

Ez azonban azonnal magával hozta az összes lebegőanyag tartalom hirtelen megváltozását, de a nitrát tartalom és a KOI jelentős növekedését is. Az árhullám levonulása után a lebegőanyag tartalom és a KOI szinte azonnal visszatért a kiindulási szintre, a nitrát tartalom azonban végig magasabb szinten marad.

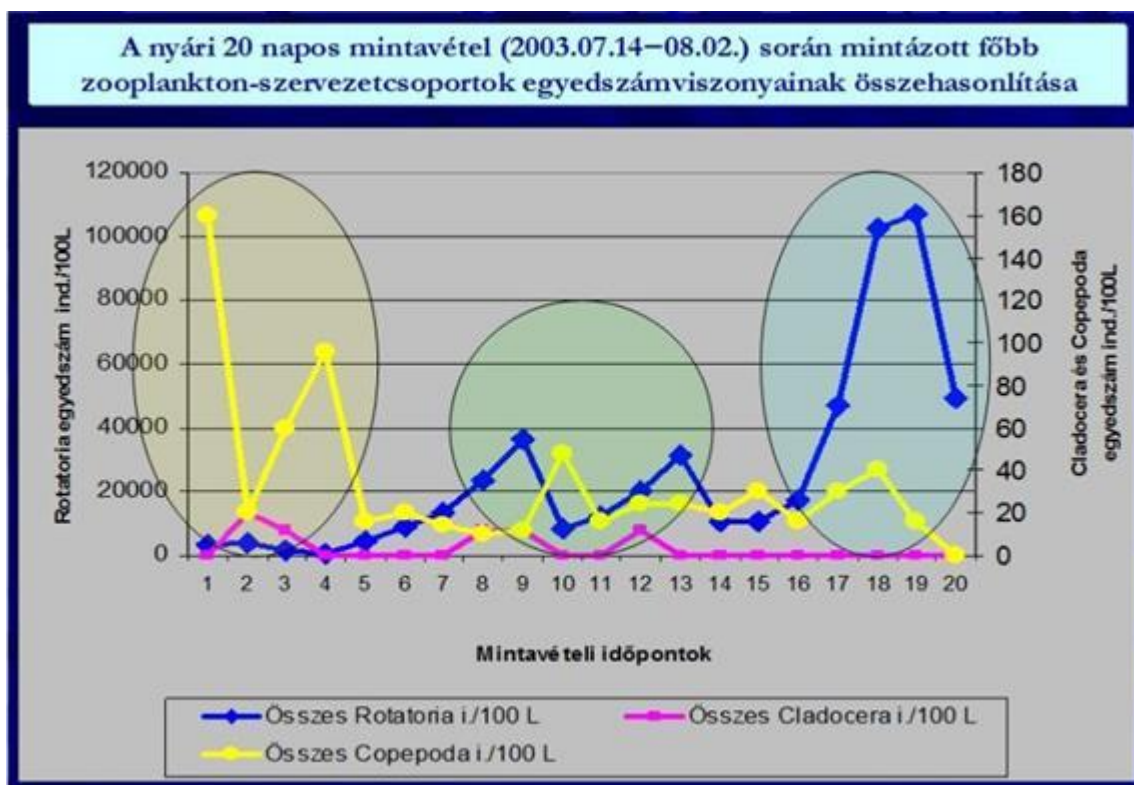
Az élőlények közül a fitoplankton szervezeteket nézve (17. ábra) elmondható, hogy a változás hatása nem csupán nyilvánvaló, hanem az egyes fitoplankton szervezetek esetében jelentősen eltérő is lehet (18. ábra).





18. ábra: Egyes fitoplankton törzsek egyedszámának változása (Grigorszky I. nyomán)

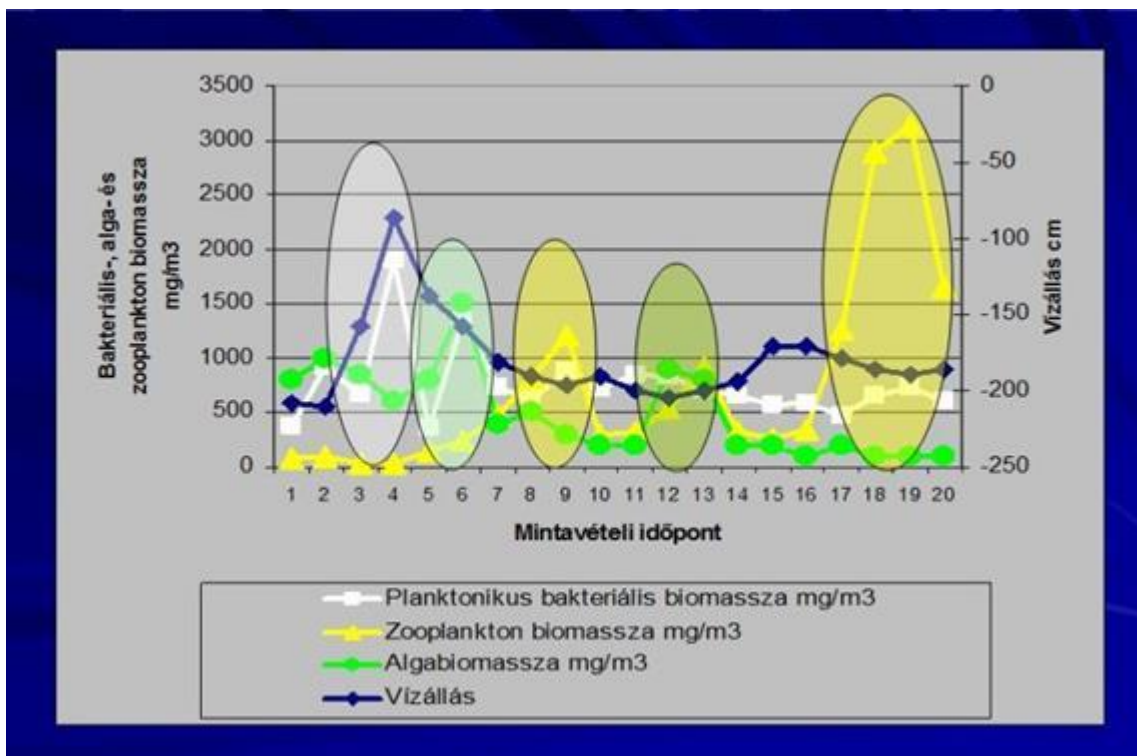
A Bacillariophyta törzs esetében az árhullám következtében az eredeti populáció a vizsgált időtartama alatt fokozatosan összeomlott. Az Euglenophyták esetében más a helyzet. A populáció összeomlása sokkal drasztikusabb ugyan, de a regeneráció azonnal megindul és jól nyomon követhető. A Cryptophyta törzs esetében az összeomlás szintén látványos, de a populáció létszáma a teljes időszak alatt sem tud növekedésnek indulni. A Chlorophyta törzs esetében a kiindulás az előző kettőhöz hasonlós, de esetükben a populációs létszám a vizsgált időszaka alatt többször is hektikusan változik.



19. ábra: A zooplankton-szervezetcsoporthoz egyedszámának változása (Grigorszky I. nyomán)

A zooplankton szervezetek egyes csoportjainak egyedszám-változását elemezve (19. ábra) is jól látható az eltérő reagálás.

A Cladocera szervezetek a teljes vizsgálati időszak alatt meglehetősen alárendelt szerepet játszanak. Az árhullám érkezése mintha kissé megemelte volna a számukat, de ez az emelkedés olyan kismértékű és olyan rövid ideig tart, hogy meg sem különböztethető a későbbi hasonlóan jelentéktelen mértékű változásoktól. A Rotatoria egyedszám ugyanolyan alacsony szinten van a vizsgálat kezdetén, mint a Cladocera, de az idő múltával a populáció népessége emelkedő tendenciát mutat. A Copepoda csoport esetében fordított a helyzet. Esetükben az árhullám érkezésével a populáció létszáma hirtelen lecsökken, majd egy kis emelkedés után csökkenő tendenciával, alacsony szinten stabilizálódik.



20. ábra: A biomassza változása (Grigorszky I. nyomán)

A biomassza változását a 20. ábrát elemezve követhetjük nyomon. A planktonikus bakteriális biomassza az árhullám érkezésekor jelentősen megnövekszik, majd az apadó vízzel összhangban lassan csökken. Hasonló tendenciájú változás figyelhető meg az alga biomassza esetében, míg a zooplankton biomassza változása, ezen tendenciákkal teljesen ellentétes.

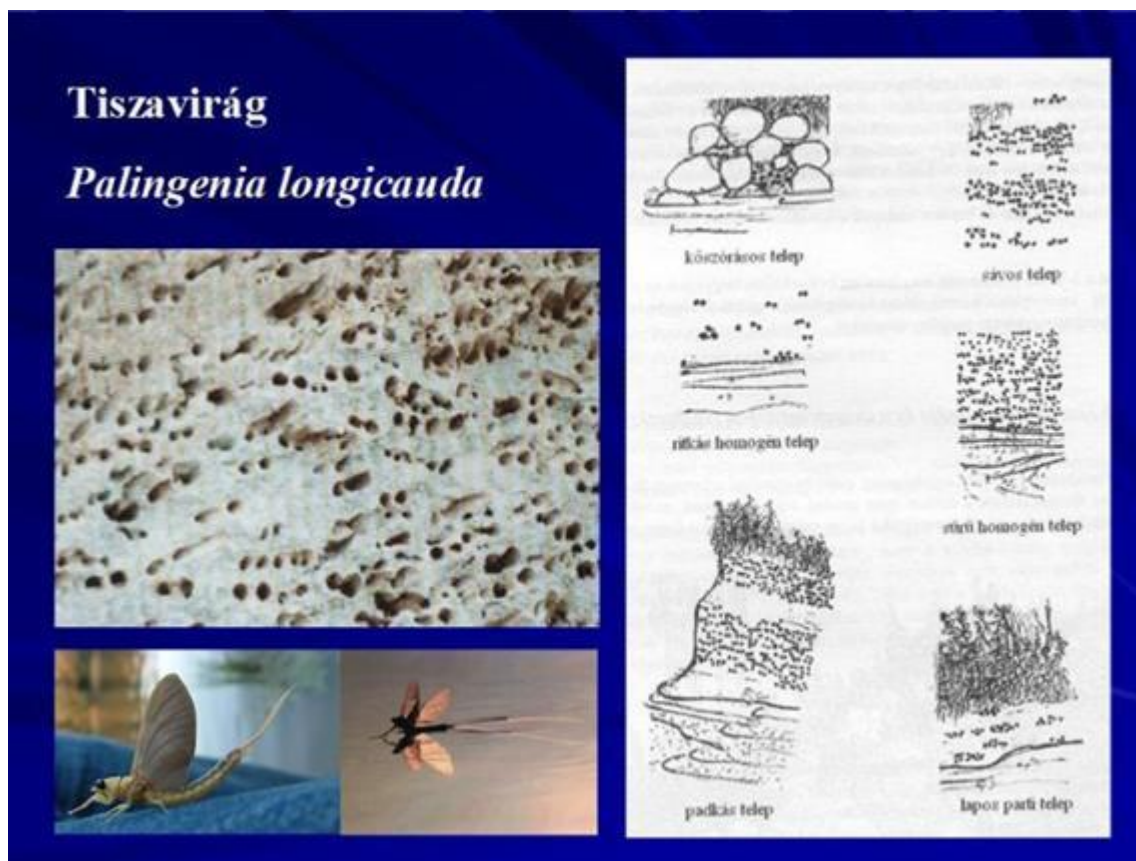




## 22. kép: Árvaszúnyog lárvák mintavételi eszköze és válogatása

A Tisza üledéklakó állatai közül – tömegességükből adódóan – az egyik legjelentősebbek az árvaszúnyogok, pontosabban az árvaszúnyogok lárvái (22. kép), amik a vízminőség változások kiváló indikátor szervezetei, ill. az üledékben raktározott nehézfém-szennyeződések jelentős teszt-szervezetei.

A Tisza esetében feltétlenül meg kell említeni a Tiszavirágot (*Palingenia longicauda*) ami mintegy három éven keresztül szintén üledéklakó életmódot folytat (21. ábra).

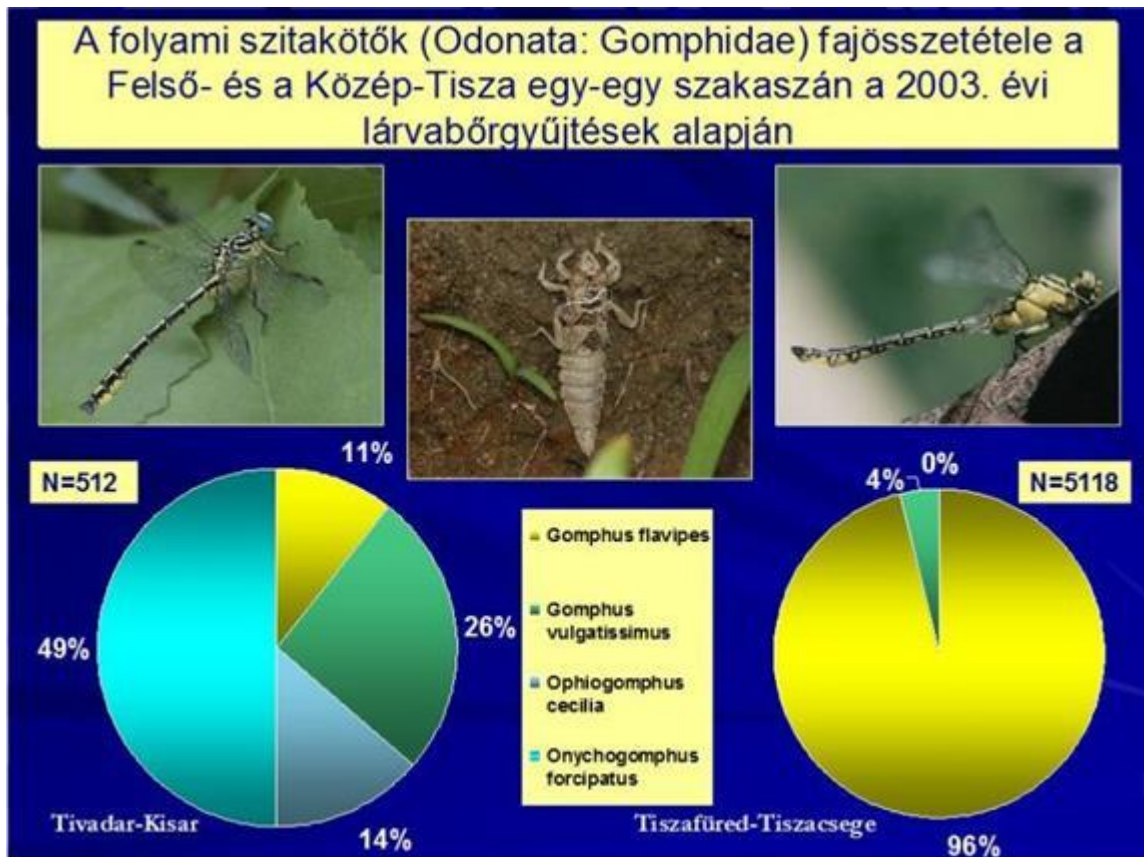


21. ábra: A Tiszavirág életmenetének főbb állomásai

A lárvák meglehetősen változatos telepformációkat képesek elfoglalni, majd fejlődési ciklusuk végén tömeges rajzással kibújnak, és a néhány órás násztáncot követő párzás és peterakás után elpusztulnak. A *Palingenia* szigorúan védett állat, tömeges rajzása – a tiszavirágzás – a mai napig egy olyan sajátossága a Tiszának, ami nem csupán a szakembereknek (természetvédők, hidrobiológusok) jelent fontos kutatási témát, hanem jelentős esemény, a széles közvélemény számára is.

A vízminőség és a természetvédelmi értékesség megítélése szempontjából szintén fontos a szitakötők (Odonata) csoportja. A folyami szitakötők előfordulásának sajátosságaiból következtetéseket lehet levonni az élőhely természetközeli állapotára (22. ábra).





22. ábra: A folyami szitakötők fajösszetételének változása (Dévai Gy. nyomán)

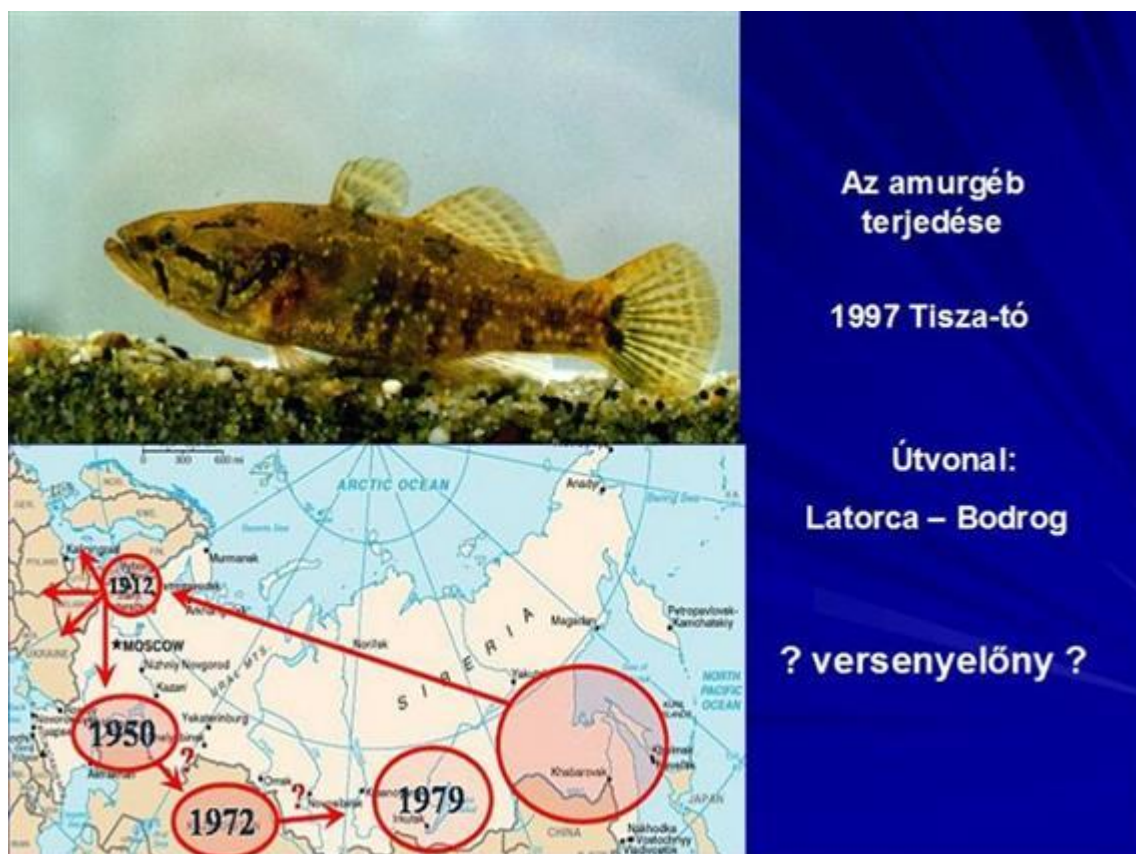
Az ábrán igen szemléletesen látható, hogy Tivadar-Kisar térségében a folyami szitakötők diverzitása nagy. Európai szinten is ritkaság a négy folyami szitakötő faj együttes előfordulása. Tiszafüred-Tiszacsege térségében az ugyanolyan módszerrel és ugyanannyi idő alatt gyűjtött anyagban már csak két faj fordul elő, abból is az egyik tömeges, a másik alárendelt szerepű. Egyértelműen látható tehát, hogy a felső szakasz hidroökológiai szempontból sokkal értékeesebb, mint a vizsgált középszakasz.

Szintén rendkívüli érdeklődésre számot tartó élőlénycsoport a halaké. Esetükben az egyik jelenleg is komoly tudományos érdeklődést kiváltó téma az invazív halfajok terjedése. Igen pontos és részletes adatokkal rendelkezünk e tekintetben a tarka gébről (23. ábra).



23. ábra: A tarka gób terjedése a Tisza vízrendszerében (Harka Á. és Antal L. nyomán)

Az ábrán nyilvánvalóan látható, hogy 1961 előtt ez a faj még ismeretlen volt a Tisza hazai szakaszán, de folyamatos és intenzív terjedéssel napjainkra nem csupán a Tisza medrében hatolt előre, hanem a mellékfolyók jelentős részét is meghódította. A Tisza vízrendszerében élő invazív fajok közül talán a legveszélyesebb, agresszíven terjedő az amurgób, aminek eredeti származása az amur vidéke (24. ábra).



24. ábra: Az amurgéb származása és elterjedése (Antal L. nyomán)

Az amurgébet eredeti élőhelyéről díszhalként vitték Moszkvába, majd az akvaristáktól a természetbe kiszabadulva intenzív expanzióval elfoglalta egész Közép-Ázsiát (mintegy visszatért élőhelyére) és terjedésnek indult egész Európában. Az amurgéb sikeressége abban rejlik, hogy a környezettel szemben támasztott igényei szerények, rendkívül változatos környezeti feltételek között is jól érzi magát. Táplálékát tekintve szinte mindenevő. Veszélyessége a hazai halfaunára a fentiek mellett még abban rejlik, hogy őshonos halfajainknak nem csupán táplálék-konkurrens, hanem azok ivadékkorában ragadozója is.

### 3. Veszélyeztetettsége

A Tisza esetében nem mehetünk el mellett, hogy 2000. január 30-án 22 órakor az Aurul bányavállalat Nagybánya melletti tározójából mintegy százezer köbméternyi, ciánvegyületeket nagy töménységben tartalmazó ipari víz ömlött a Lápos-patakba. A szennyezés a Lápos-patakból a Szamosba került, azon keresztül elérte a Tiszát, majd azon is végighaladva a Dunába jutott. Ez példa nélküli környezetszennyezést jelentett a Tisza életében, de mint minden tragédia esetén az utókornak kötelessége a legfontosabb tanulságok levonása.

A nátrium-cianid  $\text{NaCN}$  egy rendkívül mérgező kémiai anyag, a hidrogén-cianid (ismertebb nevén kéksav) nátriumsója. A mérgezés során a véráramba került cianid a mitokondriumokba kerülve megbénítja az oxigénfelvételt kulcsszerepet játszó citokrómoxidáz enzim működését. Ennek eredményeképpen a sejtek oxigénfelvevő képessége elhanyagolható szintre csökken.

A Borsabánya közelében működő Remin bányavállalat völgyzárógátas szennyvíz ülepítőjének gátja a hirtelen történt hóolvadás miatt bekövetkező jelentős vízszint emelkedés hatására átszakadt, és a becslések szerint mintegy 20 ezer  $\text{m}^3$  nehézfémekkel szennyezett iszap került a tározó alatti völgybe. Az AURUL vállalat által is alkalmazott érckilúgozásos technológia már 1890 óta ismert. Az eljárás során először a porított ércet nátrium-cianid ( $\text{NaCN}$ ) oldattal kezelik, aminek hatására az arany tartalom arany-ciano-komplex  $\text{Na}[\text{Au}(\text{CN})_2]$  formájában oldatba kerül. Ebből az oldatból cinkpor ( $\text{Zn}$ ) hozzáadásával választják le a szilárd aranyat.

A Szamoson érkezett mérgező anyagból Csenger-nél február 1-én 32.6 mg/l ciánkoncentrációt mértek, Szegednél a Tiszán február 11-én 1.49 mg/l volt a szennyezőanyag koncentrációja, míg a mérgezés időszakában hatályos



hazai határérték 0,1 mg/l, volt, amit a mérgezés lezajlásának időszakában felemeltek 0.2 mg/l-re. A szennyezett vízcsóva hossza, ami végighaladt a Tiszán, meghaladta a 30-35 km-t.

A cianid szennyezés a Szamos és a Tisza érintett szakaszán a planktonikus élőlények nagy részének pusztulását eredményezte. A szennyezőhullám levonulásának időszakában a pusztulás mértéke a Szamoson 100%-os volt. A Tisza felső és középső szakaszán 70-90% között változott, míg az alsó szakaszon ismét 100% körül mozgott. Ebben nagy szerepe lehetett az expozíciós idő (a Szamoson ez kb. 6 órára, az alsó Tiszán 50-60 órára volt tehető) növekedésének.

A cianidszennyezés nagymértékben hatott a makrozoobenton együttesekre. A legérzékenyebben reagáltak a szennyezésre a rákok (*Crustacea*). Ezek közül is kiemelkedik a tegzes bolharák (*Corophium curvispinum*) kb 50-60 %-os pusztulással.

Az árvaszúnyoglárva (*Chironomidae*) esetében is magas, kb. 50%-os pusztulás volt megfigyelhető. A kevésértékű gyűrűsférgek (*Oligochaeta*) és a tegzesek (*Trichoptera*) fajai között kismértékű pusztulás volt tapasztalható.

A cianidszennyezés levonulása után sikerült minden, addig előfordult csoport élő egyedét kimutatni. Az eredmények azt mutatják, hogy a két folyó makroszkópikus gerinctelen élővilágának jelentős része túlélte a cianid szennyezést.

Jellegzetes túlélő szervezetnek bizonyultak a folyami kagyló fajok (*Unio crassus*, *U. pictorum*, *U. tumidus*), a kavics csiga (*Litoglyphus naticoides*), a folyami szitakötők lárvái (*Gomphus vulgatissimus*, *Platycnemis pennipes*, *Calopteryx splendens*, *Ophiogomphus cecilia*, *Stylurus flavipes*), a kérészlárva (*Heptagenia spp.*) és a tiszavirág (*Palingenia longicauda*) is.

A cianid szennyezés leglátványosabb következménye a mérgezésre leginkább érzékeny vízi élőlénycsoport, a halak pusztulása volt. A korábbi években végzett felmérések és a szennyezés után folytatott halállomány-bebecslés eredményeit összehasonlítva a számítások azt mutatják, hogy az összes elhullás 1241 tonna volt. Ebből 33,8% ragadozó hal, 13,5% ponty (*Cyprinus carpio*), 8,1% kecsge (*Acipenser ruthenus*) és 44,6% növényevő és egyéb hal. Az elpusztult haszonhalak becsült és számított értéke 874 millió forint.

A cianid mérgezéssel egy időben nehézfém sók is érkeztek a Szamoson, de sajnos a Tisza e tekintetben még komolyabb károkat szenvedett, hiszen a Felső-Tisza vidékéről néhány héttel később komoly mértékű nehézfém-szennyezés érkezett. A nehézfém szennyezés első hulláma március 11-én az esti órákban, a második március 15-én hajnalban, míg a harmadik, ugyanaznap délelőtt érte el a Tisza magyarországi szakaszát Tiszabecsnél. A szennyeződés március hónapban egyre kisebb csúcsokkal jelentkezett és az utolsó hullám április elején hagyta el az országot. A mérgezést követő vizsgálatok alapján megállapítható, hogy a szennyezett üledékben legnagyobb mértékben az ólom, réz és cink volt jelen, többnyire lebegőanyaghoz kötött állapotban. A legnagyobb nehézfém koncentrációk Tiszabecsnél az ólom (2,9 mg/l), a réz (0,86 mg/l), és a cink (2,9 mg/l) esetében is jelentősen (az ólom és a cink értékei egy nagyságrenddel) meghaladták a V. osztályú, "erősen szennyezett" felszíni vizekre megadott határértékeket.

A lebegő anyaghoz kötött nehézfémek a felszíni vizek kémiai körülményei között jellemzően nem oldódnak, viszont az áramlási sebesség csökkenésével eltérő fajsúlyuk szerint kiülepednek. További sorsukat az üledék kémiai viszonyai (pH, oxigén, ill. biológiai sajátosságai) határozzák meg.

A nehézfémek élőlényekre gyakorolt hatásai súlyosak, mert az élőlények testébe kerülve nem ürülnek ki onnan, hanem halmozódásra képesek. Az un. esszenciális nehézfémek (pl. Zn, Cu) kis mennyiségben szükségesek az élőlények számára, így ha nincs elegendő belőlük az élőlényekben, hiánybetegségek kialakulásához vezet. Van egy optimális szintjük, de ha pl. a cink mennyisége meghaladja a 100 mg/kg, vagy a réz a 60 mg/kg értéket, akkor az esszenciális nehézfémek is okozhatnak mérgezést. A nem esszenciális nehézfémekre (pl. Hg, Pb, Cd) nincs szüksége az élőlényeknek, így ha bármely kis mennyiségben is fordulnak elő az élőlények testében, azt maximum valamilyen tolerálható szintnek lehet nevezni. Ha az ólom mennyisége átlépi a 0,5-, a higany mennyisége a 0,3-, ill. a kadmium mennyisége a 0,1 mg/kg értéket, akkor ezeknek a nehézfémeknek az esetében már a mérgezettség valamilyen állapotáról beszélünk. 2000 őszén egy Tisza hosszában megtervezett mintavétel során (25. ábra) nehézfém vizsgálatok céljából halmintákat gyűjtöttünk.





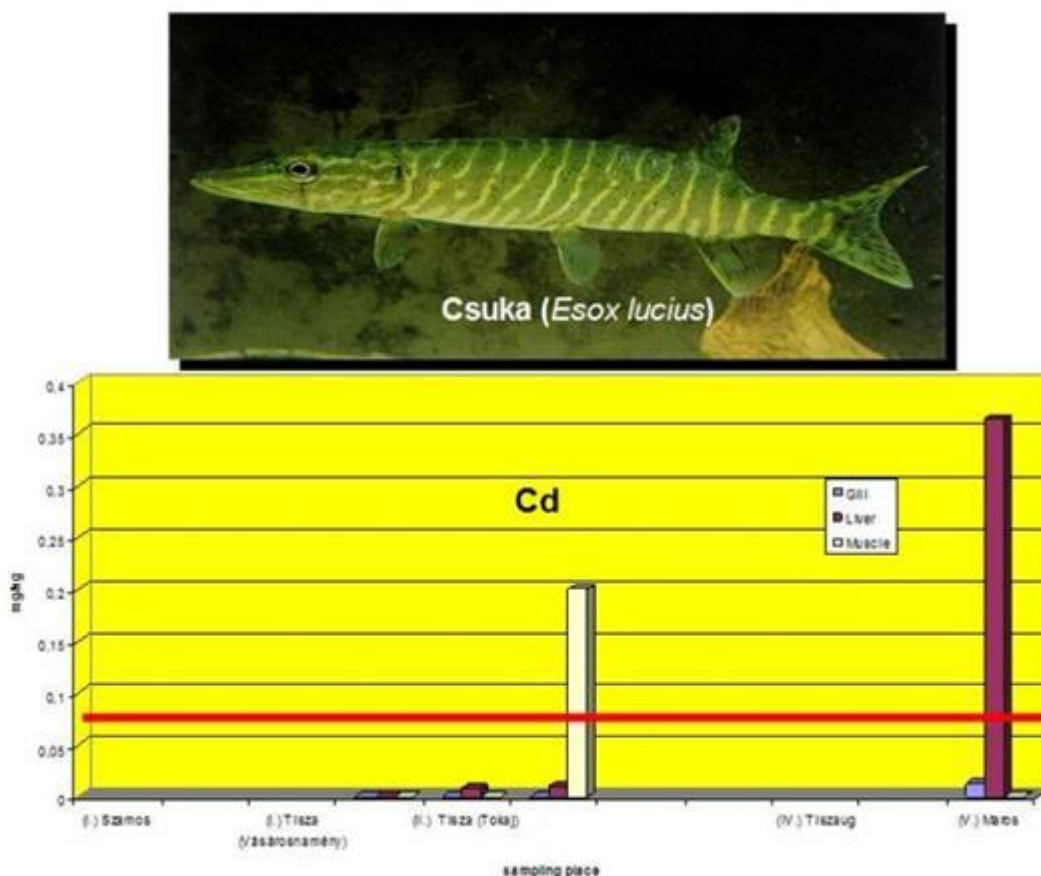
25. ábra: Kijelölt mintavételi helyek a Tisza hossz-szelvényében

Az eredményesorból a Tisza-tó térségéből származó adatlapot kiemelve (26. ábra) megállapítható, hogy sajnos a tiszai halakban bizonyíthatóan kimutatható nehézfém szennyezettség.

| 6. Tisza-tó (tározótér)             |            |                           |         |          |          |          |
|-------------------------------------|------------|---------------------------|---------|----------|----------|----------|
| Fajok,<br>szervek és szövetek       |            | Nehézfém-tartalom (mg/kg) |         |          |          |          |
|                                     |            | Zn (100)                  | Cu (60) | Cd (0,1) | Pb (0,5) | Hg (0,3) |
| Esox lucius                         | (kopoltyú) | 184,0                     | 0,63    | 0,000    | 0,019    | 0,013    |
|                                     | (máj)      | 59,0                      | 15,27   | 0,010    | 0,000    | 0,000    |
|                                     | (izom)     | 34,5                      | 0,56    | 0,200    | 0,540    | 0,056    |
| Stizostedion lucio-perca (kopoltyú) |            | 22,4                      | 0,53    | 0,000    | 0,000    | 0,011    |
|                                     | (máj)      | 14,4                      | 1,00    | 0,040    | 0,055    | 0,020    |
|                                     | (izom)     | 4,3                       | 0,54    | 0,000    | 2,033    | 0,054    |
| Tinca tinca                         | kopoltyú)  | 14,5                      | 1,28    | 0,000    | 0,047    | 0,009    |
|                                     | (máj)      | 18,3                      | 22,92   | 0,014    | 0,043    | 0,000    |
|                                     | (izom)     | 6,7                       | 0,30    | 0,000    | 0,000    | 0,062    |
| Silurus glanis                      | kopoltyú)  | 19,7                      | 2,06    | 0,000    | 0,041    | 0,016    |
|                                     | (máj)      | 11,4                      | 2,54    | 0,004    | 0,008    | 0,008    |
|                                     | (izom)     | 4,7                       | 0,11    | 0,000    | 0,000    | 0,037    |
| Esox lucius juvenile                | (kopoltyú) | 120,7                     | 0,60    | 0,000    | 0,020    | 0,000    |
|                                     | (izom)     | 5,8                       | 0,14    | 0,000    | 0,837    | 0,009    |

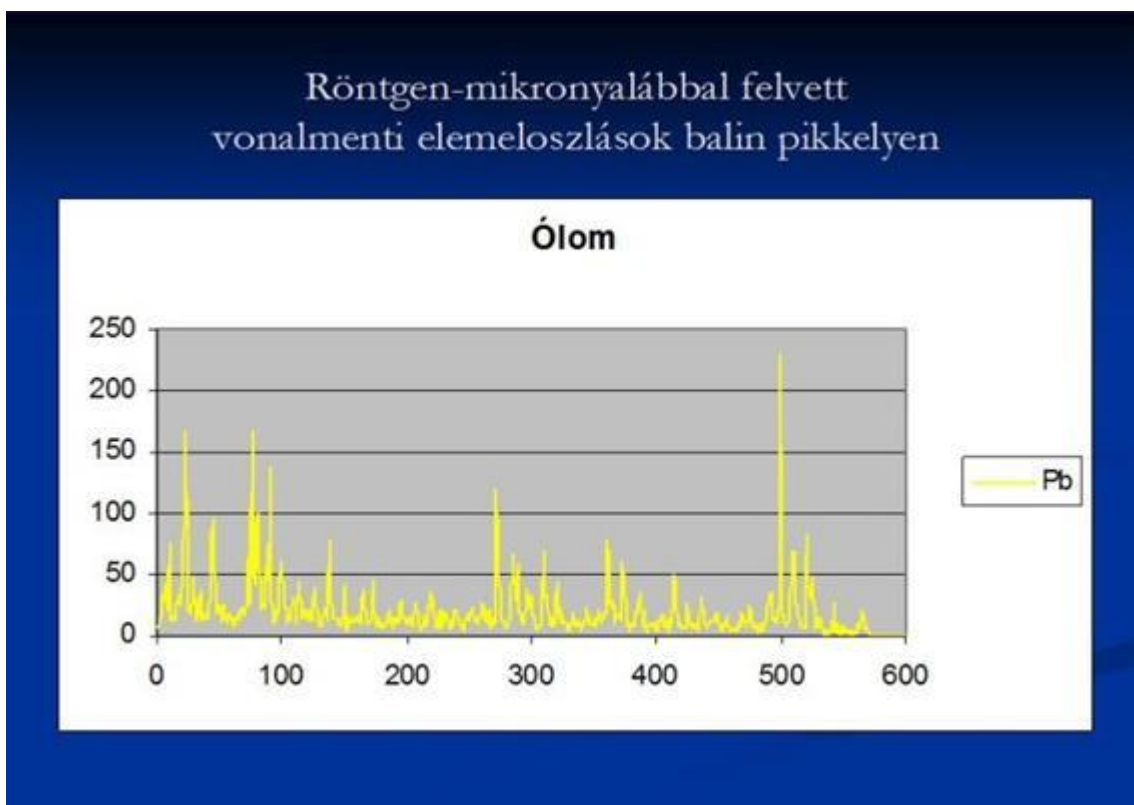
26. ábra: Nehézfém-tartalom a Tisza-tó térségéből származó halmintákban

Az ábrán látható, hogy a vizsgált öt nehézfém közül három esetben (cink, kadmium, ólom) detektálható volt határérték túllépés (pirossal kiemelt mezők). A határértéken felüli értékeket kisebb részben a kopoltyúban, nagyobb részben az izomszövetben lehetett mérni. A nehézfémek felhalmozódása elsősorban a csuka (*Esox lucius*) testében volt kimutatható. Ha a legmérgezőbb (legkisebb mérgezési határértékkel rendelkező) kadmium előfordulását vizsgáljuk a csuka testében a különböző mintavételi helyeken (27. ábra), akkor elmondhatjuk, hogy sajnos két mintavételi helyen is igen durva határérték túllépést találtunk.



27. ábra: A kadmium-tartalom a csuka testében, a Tisza különböző mintavételi helyein

Amikor a májban mutatható ki határérték túllépés, talán mondhatjuk azt, hogy természetes dolog abban az esetben, ha a táplálékkal kerül be nehézfém, hiszen a máj egy méregtelenítő szerv. Az viszont elgondolkodtató, amikor már az izomszövetben, azaz a halhúsban is megjelenik.



28. ábra: Röntgen-mikronyalábbal végzett vizsgálat eredménye

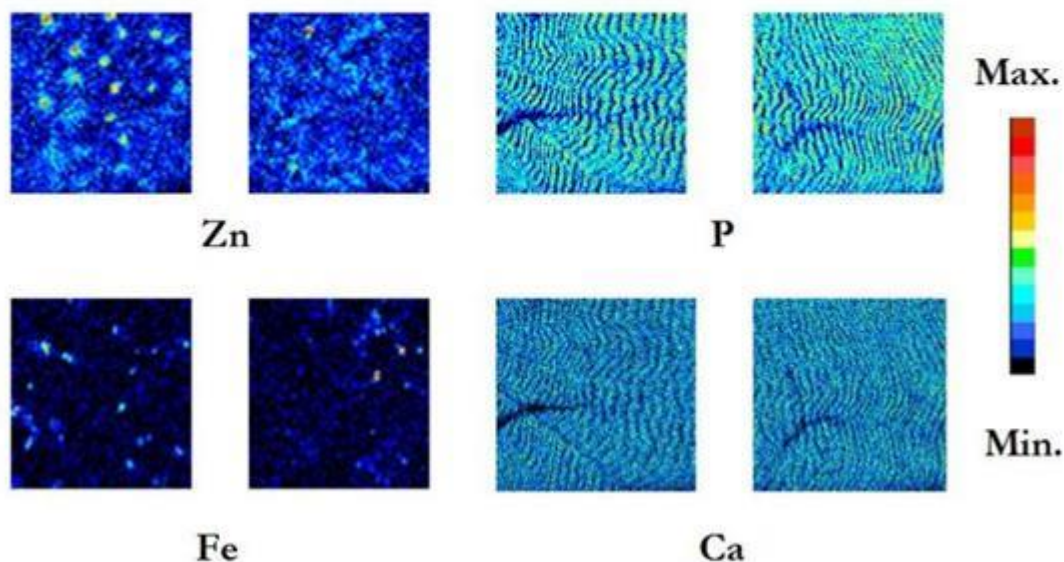
A nehézfémek élőlények szöveteiben való kimutatásához mintákat kell venni. Sok esetben ez a mintavétel az élőlény elpusztulása árán történhet meg. Ezért kerültek előtérbe olyan módszerek, amik az egyedek elpusztítása nélkül szolgáltatnak adatokat.

Ilyen elemzésre alkalmasak a pikkelyes halak pikkelyei. A pikkelyek a halak egész élete során lassan növekednek, s a növekedés során olyan mintázat alakul ki bennük, ami hasonlít a fák növekedése során keletkező évgyűrűkre. Egy-egy pikkely eltávolítható a halak testéről az egyed károsodása nélkül, aminek vizsgálata többféle módszerrel történhet. Egyik lehetőség, a röntgen-mikronyalábbal, vonalas transzektt mentén történő elemzés.

Ennek során röntgen-mikronyalábot vezetnek át a pikkelyen egy vonal mentén, s a nehézfém feldúsulásokat a felvett görbe csúcsai mutatják. A 28. ábrán ólom feldúsulások láthatók, egy balin pikkelyen.

Egy másik módszer szerint nem vonal mentén, hanem területegységben történik elemzés. Erre alkalmas eszköz a Proton mikroszkóp. A vizsgálat eredménye egy ponttérkép (29. ábra), amelyről színskála segítségével olvasható le a fémek, vagy más elemek előfordulása.

## Proton mikroszondával készített elemtérképek – balin pikkely



29. ábra: Elemtérképek

Mindezek ismeretében elmondható hogy a Tisza – de talán minden más vízfolyásunk – halfaunáját feltétlenül monitorozni kellene abból a célból, hogy világosan fel lehessen deríteni azok nehézfém-szennyezettségének mértékét. Különösen fontos ez azért, mert a nehézfém-szennyezés nem olyan látványosan pusztító, mint a cianid-mérgezés, de veszélyét éppen az élőlényekben történő lassú felhalmozódás jelenti. Ráadásul ez a felhalmozódás a táplálékhálózatban tovább adódik, a csúcsragadozók felé. Ha a táplálék felhasználója az ember, akkor természetesen az emberi szervezetben is ugyanígy történhet halmozódás.

## 4. Tesztfeladatok .



---

# 10. fejezet - Mellékfolyók, Kisfolyók

A kisebb folyók és kisvízfolyások általános jellemzőit ismertettük a víztérpolitikai résznél. Egy ilyen jegyzet terjedelme természetesen nem engedi meg azt, hogy hazánk összes kisebb folyóját és kisvízfolyását számba vegyük és jellemezzük, ezért valamilyen vezérfonalat választani kellett. E fejezetben, a továbbiakban először röviden áttekintjük és jellemezzük a Duna és a Tisza hazai torkolattal rendelkező jelentősebb mellékvízfolyásait (kiegészítve a Drávával és a Balatont tápláló Zálával) majd egy sajátos kisvízfolyás – a Lónyay-főcsatorna – jellegzetességeit mutatjuk be részletesebben. A rövid jellemzések alapja egyrészt a Wikipédia szabad felhasználású weboldalainak ismeretanyaga, másrészt saját terepi vizsgálatok tapasztalata. A Lónyay-főcsatorna bemutatása a korábban már citált NKFP pályázat eredményei alapján készült.

## 1. A Duna jelentősebb hazai mellékfolyói

A Dunába hazánk területén csak három mellékvízfolyás torkollik (Rába, Ipoly, Sió), de jelentősége miatt említést kell tennünk a Dráva folyóról is.

### 1.1. A Rába

A Rába Magyarország harmadik legnagyobb folyója, a Duna egyik legjelentősebb magyarországi mellékfolyója. Ausztriában, Stájerországban a Fischbacher-Alpokban, a Hochlantsch délkeleti lejtőjén ered, 1200 m magasságban. A Rába kialakulása mintegy 3 millió évvel ezelőtre tehető, amikor a Duna – lásd fentebb – elhagyta a területet. Teljes hossza 283 km, melyből Ausztriában 95 km-t tesz meg, majd Alsószölnöknél eléri a magyar határt, és Szentgotthárdtól teljes egészében hazánk területén folyik, 188 km hosszon. Vízigyűjtő területe 10 113 km<sup>2</sup>, közepes vízhozama Győrnél 27 m<sup>3</sup>/sec. A hegyek közötti szűk völgyben esése igen nagy, ami még a magyar határnál is 89,6 cm/km, ami csak akkor változik számottevően, amikor eléri az Őrségi dombvidéket. Innen már egyre inkább jellegzetesen alföldi folyóvá válik. A Rába vízének sebessége 2 km/h és 11 km/h között változik az esőzések és a hóolvadás gyorsaságának függvényében. Közepes vízhozama a torkolatnál 27 m<sup>3</sup>/sec.

A folyó vízigyűjtő területe magában foglalja a Stájer-Alpok déli lejtőit, az Őrséget, a Vasi-hegy és a Kemeneshát északnyugati oldalát, a Kemenesalját, a Sokorói-dombságot, a Keszthelyi-hegység északi és a Bakony északnyugati lejtőit, valamint a Kisalföldet és a Fertő-tó vidékét. A folyó szélessége a magyarországi szakaszon 30 és 50 méter között változik, mélysége (a duzzasztógátak fölötti mélyebb részeket nem számítva) 1-2,5 méter, de aszályos években gázlók kialakulása sem ritka. Viszont ha az Alpokban sok eső hull, vagy tavasszal hirtelen olvadni kezd a hó, akkor előfordul, hogy vízállása egy nap alatt akár 5 méterrel is emelkedik. Ha az alsó szakaszon ehhez hozzáadódik a Duna duzzasztó hatása, akkor ott a napi vízszintemelkedés akár a 7 métert is elérheti. Ez a szeszélyes vízjárás – a folyó menti lakosság számának növekedésével összhangban – előtérbe helyezte a folyó szabályozásának kérdését. A Rába szabályozásának és erős gátak közé szorításának folyamata már 1870-ben elkezdődött, és további pusztító árvizek hatására – 1879, 1883 – 1893-ra gyakorlatilag befejeződött. A Rábát 80 átmetszéssel, 48 km-rel rövidítették meg. A Rábát elsősorban vízienergia- és ivóvízforrásként, valamint mezőgazdasági és turisztikai célokra hasznosítják. 1896-ban Ikervárnál a Rábán épült fel Magyarország első, ma is működő vízi erőműve, amit további négy – Alsószölnöki, Csörötneki, Körmeni, Kenyeri – követett, melyek összteljesítménye 4 747 kW, évi energiatermelésük mintegy 29 millió kWh. A folyó menti települések a Rába-parti kutakból nyerik ivóvizüket és az öntözéses növénytermesztéshez is felhasználják a Rába vizét. Ezt az teszi lehetővé, hogy a folyót szegélyező porózus kőzetek nem csupán átengednek – partközeli átitató vízként – a folyó vizét, hanem jelentős mértékben szűrik, tisztítják is azt. A közvetlen kapcsolat miatt természetesen elmondható, hogy a víz minősége alapvetően függ a folyó mindenkori vízminőségétől. A víz rendszerint alapvetően jó minőségű, de magas vas- és mangántartalma. A folyó nyaranta sok turistát vonz (fürdőzők, csónakázók, kajakozók, kenutók). A Rába – a megépített vízerőművek ellenére – rendkívül gazdag élővilágnak teremt élőhelyet, ami elsősorban az elhelyezkedéséből adódó változatosságnak köszönhető. Ez a változatosság érvényesül a térszín változásaiban – hegyvidék, dombvidék, alföld – de éghajlati sokszínűségében is, mivel vízigyűjtő területén egyszerre érvényesül alpokaljai, szubmediterrán, és kontinentális hatás is. A Rába-völgyben több mint 200 madárfaj él. Az emlősfajok száma meghaladja a harmincat.

A folyó vízminősége a 20. század közepéig egészen kiváló, akár egy méteres mélységnél is fenéki átlátszó volt. Az ötvenes évektől azonban egyre nagyobb mértékben szennyezte a völgyében zajló ipari és mezőgazdasági tevékenység. Fürdeni és horgászni ma is lehet a folyóban, de vize egyre kevésbé áttetsző. A jelen legaktuálisabb és rendszerint igen nagy publicitást kapó problémája egyes ausztriai börtények környezetszennyezése, ami –

különösen az ezredforduló óta – a két ország illetékes hatóságai közötti feszültségekhez és az érintett lakosság körében egyre ismétlődő felháborodásokhoz vezetett. A probléma okozója elsősorban a Wollfsdorfbán és Feldbachban (Stájerország) ill. Jennersdorfbán (Burgenland) művelt bórgyártás során használt naftalin-1,5-diszulfonát, aminek igen nagy a habképző potenciálja. Az igaz ugyan, hogy az anyagnak az élővilágra kifejtett közvetlen mérhető hatása nem ismeretes, jelenléte azonban nyilvánvalóan nem kívánatos a Rába vizében. Szintén előfordul – ugyanezen forrásokból – magas sótartalmú vizek kibocsátása is. Pozitív fejleményként értékelhető, hogy a vízszennyezések tekintetében lassú javulás figyelhető meg. Ez köszönhető egyrészt az Osztrák környezetvédelmi jogszabályok szigorodásának – a habképző potenciál kötelező mérése, új határérték megállapítása a szennyvízzel kibocsátható szerves anyag, és sótartalom mennyiségére – másrészt a felek közötti rendszeres egyeztetések megkezdésének, közös monitorozó tevékenység megszervezésének és közös projektek kidolgozásának is.

## 1.2. Az Ipoly

Az Ipoly a szlovákiai Vepor hegységben ered. Vízugyűjtőjét északról a Korponai hegység, Délről a Cserhát, Nyugatról a Börzsöny határolja. Az Ipoly folyó magyarországi szakaszának hossza 143 km, mely Kalonda - Ipolytarnóc magasságában lép be hazánk területére. Ipolyságig (Sahy) közös határt képez a Szlovák Köztársasággal, majd Ipolyságtól Ipolyszakállas-ig (Ipelsky Sokolec) 31 km hosszan Szlovákia területén folyik. Tésa község magasságától Szobig ismét határfolyó. Az Ipoly folyó a Dunába Szobnál, az 1708,2 folyamkilométernél torkollik be. A folyó jelenlegi hossza 212,43 km – szabályozás előtt 254 km volt – esése a teljes szakaszon 596 m. Vízárása rendkívül ingadozó. Vízugyűjtő területe 5 108 km<sup>2</sup>, ebből 1 518 km<sup>2</sup> esik hazánk területére. Esése (23; 5,5; 1,5 m/km) fokozatosan csökken, a Dunába torkollásnál már csak 0,35 m/km. A viszonylag kicsiny és csapadéokban szegény vízugyűjtő területe miatt vízhozama csekély, így közepes vízállásnál Letkésnél 25,4 m<sup>3</sup>/sec, míg kisvíznél ugyanott csak 1,5 m<sup>3</sup>/s. Az 1970-es években a szlovákiai szakaszokon folyószabályozási munkák kezdődtek, ami az Ipoly magyarországi területein is jelentős változásokat eredményezett. Az Ipoly folyó Magyarország egyik legszeszélyesebb folyója. Előfordult már az is, hogy asztatikus vízfolyásként viselkedve szinte teljesen kiszáradt, de előfordulnak benne olyan áradások is, amikor tekintélyes nagyságú folyónak tűnik.

Futása mentén olyan területeken halad keresztül, ahol egyedülálló állat- és növényfajok találhatók. Ezért mára a hazai szakaszának jelentős térsége a Duna-Ipoly Nemzeti Park részét képezi. A terület kiemelkedő érdekessége, hogy itt húzódott valamikor a Pannon-tenger partja, amit Ipolytarnócon, az ősmaradványok bemutatására szerveződött természetvédelmi területen lehet teljes vertikumában megtekinteni. Felismerve azt, hogy az itt található természetvédelmi értékek nem ismernek határokat, Magyarország és Szlovákia környezetvédelmi kezdeményezésére 1992 megalakult az ún. Ipoly Unio, ami a terület természeti és geológiai értékeit védi. Az Ipoly futását kísérő part – aminek a keskeny meder miatt van jelentősége – igen változatos. Növényzetére kemény- és puhafás ligeterdők, égerligetek, de part menti gyeses, sásos és nádas társulások is jellemzők. Változatos ökológiai körülmények között folyó vízfolyás, aminek felső szakasza egészen Ipolytarnóciig hegyi patak jellegű, középszakasza dombvidéki jellegű, ami Ipolytarnóctól Tésáig tart. Alsó szakasza – futásának utolsó 60 km-e – alföldi jellegű. A változatosságának legfőbb bizonyítéka, hogy vizében közel 50 halfaj honos, ami megközelíti a Duna halfajainak gazdagságát.

## 1.3. A Sió

A Sió két fontos sajátossága, hogy a Balaton vízszint szabályozását és a Dunával való összekötést szolgálja. A Duna nyugati mellékfolyójának tekinthető, aminek hossza 120 km, a Balaton vizét vezeti le a Dunába. Siófoknál, a 33 dpkm-nél ágazik ki a Balatonból, majd a Gemenci-erdő mellett éri el a Dunát. A meder esése átlagosan 14,5 cm kilométerenként, szélessége 20 és 30 méter között változik, míg mélysége 0 és 8,8 méter közöttire tehető. A víz sebessége a siófoki vízeresztéstől és a Duna visszaduzzasztó hatásától függően 0,5-4 km/óra között lehet. Vízállását a siófoki zsilip nyitás-zárása, a Duna vízállása, ill. a Kapos-folyó vízhozama szabályozza.

A Balaton ingadozó vízszintjét többször próbálták szabályozni a történelem folyamán. Az első beavatkozás Galerius császár nevéhez fűződik, aki a III. században vízlevezető csatornát építtetett valahol a mai Siófok térségében. Ez a zsilip egyes források szerint nem volt más, mint egy átvágott, a Balaton vize által átjárhatóvá tett homoktúrás. A Sió az elmúlt évezredben, a siófoki zsilip megépítéséig csak természetes módon vett részt a balatoni vízforgalomban. Az első siófoki zsilip megépülésével állandósult a vita is. Mikor és mennyi vizet kell eresztetni, s vajon a zsilip – és ezzel összefüggésben a Sió – méretei megfelelőek-e az igényeknek. A mezőgazdasági és közlekedési érdekek mellett az elmúlt évszázadban megjelentek a turizmus igényei is. A Balaton vízállás-változásai a történelem folyamán elég tág határok között mozogtak, s a Balaton vízszintjének

szabályozását mindig különböző érdekek mozgatták. Ilyenek voltak a hajóút kialakítása, a Balaton körüli mocsarak, berkek lecsapolása, bevonásuk a mezőgazdasági művelésbe, a balatonfüredi kikötőhely biztonságosabbá tétele, a Budapestet az Adriával összekötő vasútvonal mentesítése a víz- és jégkároktól. A zsilip segítségével csak a maximális vízszint szabályozására (csökkentésére) van lehetőség. Ezért aszályos időszakokban csak a zsilip zárva tartásával tartják meg a Balaton vizét. A siófoki zsilip kezelője a Közép-dunántúli Környezetvédelmi és Vízügyi Igazgatóság Balatoni Vízügyi Kirendeltsége. A Sió medre jelenleg erősen feltöltődött, ahol az időszakos és rendszertelen vízáramlás következtében sokszor szinte állóvízi körülmények is megjelennek. Mindennek következménye egy erőteljes bentonikus eutrofizálódás, ami magával vonja a makrofíták egyre erőteljesebb megjelenését és elterjedését.

## 1.4. A Dráva

A Dráva folyó torkolata a Dunába Horvátország területén található, de jelentőségénél fogva mindenképpen említésre érdemes.

A folyó 695 km hosszú, 1228 méteres tengerszint feletti magasságban, Dél-Tirolban ered. Ausztriát, Szlovéniát, Horvátországot, és Magyarországot érintve, Horvátországban ömlik a Dunába. A folyó teljes hosszából 90 km hajózható. Tekintettel arra, hogy a dunai torkolata már csak 83 méteres tengerszint feletti magasságban van, elmondható, hogy a Dráva esése meglehetősen nagy – a nem is túl hosszú szakaszon – több mint egy kilométer, aminek következtében a Dráva folyása igen gyors. A Dráva folyó vízgyűjtő területe 40 ezer km<sup>2</sup>, átlagos vízhozama mintegy 600 m<sup>3</sup>/s. A Dráva legnagyobb mellékfolyója a Mura, amely a Drávánál is gyorsabb folyású, sodrása eléri a 6-7 km/órát is.

Mint sok Közép-Európában futó folyó, a Dráva is jelentős folyószabályozási munkálatokon esett át. Az 1930-as évektől kezdődően a folyón eddig összesen 16 vízerőmű – 11 Ausztriában, 8 Szlovéniában és 3 Horvátországban – épült. Kétségtelen tény, hogy a vízerőművek megépülése jelentősen csökkentette a hirtelen áradások veszélyét, az egyébként erre hajlamos folyóban. Ugyanakkor az erőművek jelenlétének törvényszerű hatása, hogy a feltöltött, lassú szakaszokon az addig szállított hordalékot lerakja, majd a duzzasztó mű túloldalán gyűjt ismét hordalékot, ami azokon a helyeken jelentősen mélyíti a medret. A meder mélyülése koptatja a folyóágy természetes szűrőrendszerét.

A Dráva háborítatlansága, gazdag növény- és állatvilága következtében hazánk egyik legértékesebb vízfolyása. A folyóban több mint 50 halfaj előfordulását mutatták ki. A szennyeződésektől mentes folyóban ritka, így védett tegzes-, kérész- és szitakötőfajok fejlődnek. A folyó somogyi szakaszára jellemző kavics- és sóderzátonyok rendkívül értékes élőhelyek. A zátonyok védelme motiválja azt a tiltakozást, ami a Horvát területen történő további vízerőművek építése ellen folyik.

A Duna-Dráva Nemzeti Park 1996 tavaszán alakult meg, közel 50 000ha kiterjedésű területen. Jelenleg a Duna Sió-torkolat és az országhatár közötti szakasza, valamint a Dráva teljes hazai szakasza védett terület. A Duna és a Dráva mentén kialakított Duna-Dráva Nemzeti Park európai léptékben is egyedülállóan nagy kiterjedésű, természeti értékekben rendkívül gazdag hullámtéri és ártéri rendszer. A terület különlegességét az adja, hogy itt találkoznak egymással az illír és a pannóniai flóra elemei.

## 2. A Tisza jelentősebb hazai mellékfolyói

A Tisza jelentősebb hazai mellékvízfolyásai közül röviden áttekintjük a Túr, Szamos, Kelet-főcsatorna, Bodrog, Sajó, Zagyva, Körös, és Maros folyókat. A Lónyay-főcsatornáról később kissé részletesebben szólnunk.

### 2.1. A Túr

A Túr, a Keleti-Kárpátok belső vonulatában található Avas-hegységben ered, ahonnan nyugat felé folyik. Túrterebesnél egy északról jövő ággal egyesülve éri el a Szatmári síkságot, és Garbolcnál, a Román-Ukrán-Magyar hármashatár közelében lépi át a magyar-román határt. Magyar területre érve a folyó még meglehetősen nagy eséssel érkezik, erősen kavicsos hordaléka csak Kishódos, és Tisztaberek községeknél változik át homokossá. A folyó a szabályozása előtt sűrűn kanyargó volt, és Olcsvaapátinál érte el a Tiszát. Egy ág elszakadva Nagyarnál közvetlenül folyt a Tiszába. A Túr medrének hossza az eredettől a Tiszába való beömlésig eredetileg 146 km volt. Az 1930-as években egy új mesterséges medret létesítettek, a Tisza szabályozásához hasonlóan levágva a kanyarulatokat. A szabályozás előtt áradások idején hatalmas területek kerültek víz alá. Települések csak a magasabban fekvő területeken alakultak ki, és csak a magasabban fekvő részek voltak alkalmasak mezőgazdasági művelésre is. A legelők azonban állattartásra kiválóak voltak. A

szabályozás után a levágott folyókanyarokból holtágak, holtmedrek alakultak ki, de ezek jelentős része napjainkra feltöltődött és kiszáradt. A még vízzel borított vízterek gazdag növény és állatvilággal rendelkeznek, de Sajnos ezekből ma már egyre kevesebb található. A folyó – szabályozása óta – egy mesterségesen kialakított mederben éri el a Tiszát. Az eredeti mederbe Sonkád község térségében, a Kis Bukónál egy zsilipen át folyik a víz. Innen azonban már nem mint természetes vízfolyás, hanem mint belvíz elvezető főcsatorna szerepel. Kölse előtt két ágra szakad, az Új -Túr Szatmárcseke és Tizsakóród között a mesterségesen épített úgynevezett „nagy bukónál” folyik a Tiszába. A másik ág Magyar előtt ismét két ágra szakad. A Régi-Túr Tivadarnál, míg az Öreg-Túr, Vásárosnaménynál éri el a Tiszát.

## 2.2. A Szamos

A Nagy-Szamos Romániában, a Keleti-Kárpátok nyugati szélén, a Radnai-hágó nyugati oldalán ered, és dél, délnyugati irányba folyik tovább, magába gyűjtve több kisebb-nagyobb vízfolyást és patakot. Dés városánál találkozik össze a délről északi irányba folyó Kis-Szamossal, aminek forrásvidéke a Bihar-hegységben található. A Dénél egyesült két Szamos (Kis- és Nagy-Szamos) innentől Szamos néven folyik tovább az Ilosvai- és az Almási-hegység völgyében, magába gyűjtve a bal oldalon belefolyó – a Meszes-hegységben eredő – Almás Egregy, Szilágy, valamint a jobb oldalán beletorkolló Lápos-folyó vizét, amely Nagybánya alatt éri el a Szamost. A Lápos-folyó sajnos a 2000-es év cianid-mérgezése révén kétes hírnevet szerzett. Amíg a Szamos el nem éri a Szatmári-síkságot, sodrása erős. A Szatmári-síkságra kiérve lelassul, és kiszélesedik. A síkság homokját magával sodró, felkavaró folyó színe innentől sárgás színűvé, zavarossá változik. Színét ezen túlmenően sajnos sok esetben az ipari szennyezésből eredő anyagok határozzák meg. A folyó Magyarország jelenlegi határát Komlódtótfalunál éri el, és Gergelyugornyánál ömlik a Tiszába. A Szamos hossza 250 km, ebből Magyarország területére az alsó folyószakasz esik, mely 52 km hosszú. Átlagos esése 25,1 cm/km, átlagos sebesség 2,1-3,5 km/h, átlagos szélesség 80 m, átlagos mélysége pedig 2,5- 4 m. A Szamosnak rendszerint két nagyobb árhulláma van. Az első a tavaszi hóolvadáskor, amikor erdélyi hegyekben is fagypont fölé emelkedik tartósan a hőmérséklet. A másodikat az esős május illetve június hozza. A Szamos vízszintje a nyár közepétől az őszi csapadékosabb időszakig meglehetősen alacsony, könnyen hajózható, sok a kikötésre alkalmas homokpad (palaj), ami kedvez a vízi turizmusnak. Az eredetileg szeszélyesen kanyargó folyó szabályozását 1890-ben fejezték be. A folyó hosszában összesen 22 átmetszés készült, mintegy 26 km hosszúságban. A folyó mindkét partján töltés húzódik, a folyó levágott medermaradványait Holt-Szamosnak nevezik. A Szamos folyószabályozás előtti medrében (Holt-Szamos) még most is bőven van víz, egyes szakaszai azonban már feltöltődtek. A régi, még víz borított meder-szakaszok csodálatos növény- és állatvilága sok kirándulót, horgászt csábít a környékre. A Szamos folyó nagy kanyarulatait az ott lakók szegnek nevezi, így keletkeztek a régi nagy kanyarulatok mellett fekvő települések nevei is, pl. Hermánszeg, ill. Szamosszeg. A Szamos élővilágának jellege nagy körvonalakban hasonló, mint a Tiszáé, de a faj- és egyedszámok jóval alacsonyabbak annál. A fauna képére rányomja bélyegét a nagyfokú vízszennyezettség. A Szamos a Kárpát-medence talán legszennyezettebb vízfolyása. Jellemző a vízi élőlények szakaszonkénti eltűnése és részleges regenerációja. A források alatt jónéhány érzékeny gerinctelen faj megtalálható, pl. a Meleg-Szamosban a pataki sapkacsiga (*Ancylus fluviatilis*), vagy a Nagy Szamosban a *Rhithrogena semicolorata* kérészfaj. A kérészek (Ephemeroptera) csoportjára a Baetidae és Heptageniidae család dominanciája jellemző. A Hideg- és Meleg-Szamos egyesülése után a Kis-Szamosban Kolozsvár ipari- és kommunális szennyezése révén jelentősen megnő a szervesanyag-terhelés, ami miatt az eredeti fauna jórészt eltűnik. A degradáltságot jelzi, hogy ezen a szakaszon csak a szennyezést jól tűrő fajok, pl. a vörösbarna kérész (*Ephemerella ignita*), hegyes hólyagcsiga (*Physa acuta*) fordulnak elő kisebb egyedszámban. A Nagy-Szamos forrása alatt a víz tiszta, de a fakitermelés, valamint fafeldolgozás a befolyás alatt megváltoztatja a vízfolyás jellegét. Nasaud textilüzeme, valamint kommunális szennyvize miatt jelentősen csökken a folyó élővilága, sőt Beclean alatt a folyó szinte élettelené válik. Az egyesült Szamosban Dézs (Dej) cellulóz üzeme, valamint papírgyára tekinthető jelentős szennyező forrásnak. Ez alatt a folyó képe javuló tendenciát mutat a természetes tisztulásnak köszönhetően, a Lápos befolyása után azonban a nehézfém, xenobiotikum, valamint szervesanyag terhelés ismét jelentősen rontja a vízminőséget. A Láposba tisztítatlanul folynak Kapnikbánya és Nagybánya bányászati, nehézipari és kommunális szennyvizei. Az utolsó jelentősebb szennyező forrás Szatmárnémeti (Satu Mare). Ez alatt a gerinctelen faunára a rendkívüli fajszegénység jellemző, ami csak a torkolat környékén javul, ahol már érvényesül némileg a Tisza hatása. [http://www.terra.hu/cgi-bin/showthumb2?50\\_2kocsik.jpg](http://www.terra.hu/cgi-bin/showthumb2?50_2kocsik.jpg)[http://www.terra.hu/cgi-bin/showthumb2?37\\_1pemarna.jpg](http://www.terra.hu/cgi-bin/showthumb2?37_1pemarna.jpg) A Szamos halfaunája szintén nagyfokú humán hatásokat tükröz. A Szamos halfaunájáról a legkorábbi írások a 19. századból származnak. A Szamos teljes szakaszáról a szennyezést megelőzően összesen 63 faj jelenlétét mutatták ki, melyek közül jelenleg 8 faj fokozottan védett, 19 faj pedig védett Magyarországon.

A Kis Szamosban, bár csökkenő egyedszámban megtalálható az érzékeny kárpáti endemikus tiszai ingola (*Eudontomyzon danfordi*), Kolozsvár alatt a szennyezés hatására a halak gyakorlatilag teljesen hiányoznak. A



Nagy-Szamos kedvezőbb képet mutat, a legfelső szakaszon megtalálhatók a pisztráng szinttáj jellemző fajai: sebes pisztráng (

*Salmo trutta m. fario*)

, fűrge cselle (*Phoxinus phoxinus*), kövi csík (*Barbatula barbatula*), az alsóbb részeken a faipari szennyezés után újra megjelennek a nagyobb oxigénigényű fajok (sujtásos küsz (

*Alburnoides bipunctatus*)

, petényi márna (

*Barbus peloponnesius*)

, homoki küllő (*Gobio kessleri*). Az egyesült Szamos szakaszra is a szennyezés miatti csökkent faj és egyedszám jellemző. Az érzékenyebb, specializáltabb fajok gyakorisága csökken, vagy eltűnnek. Ilyen a reofil fajok közül a nyúlodomolykó (*Leuciscus leuciscus*) a kecsege (*Acipenser ruthenus*), valamint a pénzper (*Thymallus thymallus*), paduc (*Chondrostoma nasus*), márna (*Barbus barbus*), petényi márna (*Barbus peloponnesius petenyi*), magyar és német bucó (*Zingel zingel*, *Z. streber*), a stagnofil fajok közül pedig a réti (*Misgurnus fossilis*), compó (*Tinca tinca*), széles kárász (*Carassius carassius*) és lápi póc (*Umbra krameri*). Emellett a tágabb törésű fajok, mint pl. a küsz (*Alburnus alburnus*), a balin (*Aspius aspius*), halványfoltú küllő (*Gobio albipinnatus*), sügér (*Perca fluviatilis*) aránya megnő. A folyó legalsó szakaszára szintén jellemző, hogy halfaunáját elsősorban az eutrófabb vizeket kedvelő fajok alkotják, a természetesnél nagyobb arányban és mennyiségben.

## 2.3. A Keleti-főcsatorna

A Keleti-főcsatorna egy 98 km hosszú csatorna Tiszalök (Tisza) és Bakonszeg (Berettyó) között. A csatorna három un. „bögére” tagolódik. Szélessége kb. 25-30 m, mélysége 4,2 m, 3,3 m és 2,3 m, bögénkénti sorrendben. Maximális kezdeti vízáteresztő képessége 60 m<sup>3</sup>/s, ami Bakonszeghez érve kb. 15 m<sup>3</sup>/s-ra csökken. Vízét a tiszalöki vízlépcső visszaduzzasztó hatásának következtében gravitációs úton nyeri a Tiszából. A csatornát 1941-ben kezdték el építeni. A munkálatok a második világháború következtében félbeszakadtak és csak 1951-ben kezdődtek újra. Végül több mint egy évszázaddal az első tervek elkészülte után, 1956-ban nyitották meg. A csatorna építésének legfontosabb célja az öntözés biztosítása volt. Az 1960-as évek közepétől épültek meg a Nagyhegyesi, a Hajdúszováti és Hajdúnánási esőztető öntözőfürtök, amelyekkel körülbelül 6 ezer hektár terület öntözése vált lehetővé. Jelenleg öntözési célra mintegy 8-20 millió köbméter víz fordítódik. Szintén fontos hasznosítási mód, a halastavak vízpótlása. A Keleti-főcsatorna mintegy 17 000 ha halastavat lát el, mintegy 50-100 millió köbméter vízzel – főként a Hortobágyi Halgazdaság Zrt. területén – emellett jelentős számban vonz horgászokat is, köszönhetően halakban gazdag vizének. A térség ipari üzemének vízellátásában is szerepet játszik, erre évente mintegy 20-30 millió köbméter víz fordítódik. Fontos ivóvízbázis, a közvetlenül mellette fekvő települések mellett Debrecen ivóvízellátásához is hozzájárul, aminek éves volumene 3-4 millió köbméter között változik. A medrében szállított legjelentősebb mennyiségű vizet – évente mintegy 250-300 millió köbmétert – átadott vízmennyiségként a Körös-mente és a Berettyó vízrendszerében mutatkozó vízhiányok pótlására fordítják. Az utóbbi években előtérbe került, a vízhiányban szenvedő ökológiai rendszerek ökológiai vízigény szerinti vízpótlása is, amire jelenleg mintegy 15-20 millió köbméter víz fordítódik a medrében áramló víztömegből. Rekreációs célokat szolgál, a csatorna vizével táplált Debrecen környéki kis állóvizek – Macsi-Balcsi, Látóképi tavak – vízpótlása. Az építés kezdetén hajózási útnak is szánták, de hajószilipek nem épültek, így a csatorna nem hajózható. Ha a Tiszával nem is lehet hajózható összeköttetése, belső forgalma lehetne, de az ilyen célú kihasználtsága is jelentéktelen. A Keleti-főcsatorna megléte elvileg lehetőséget teremtene a futása menti területek belvizeinek elvezetésére is, de ezt a lehetőséget – különösen, amióta az ivóvíz céljaira történő felhasználása megnövekedett – igen ritkán használják ki. Közvetlen gazdasági jelentősége mellett természetvédelmi szempontból is fontos. Miután a Tiszából érkezik a vize, élővilágának döntő része is a Tiszáéhoz hasonlít. Növényzetére jellemző teljes hosszon a padka növényesegélye, amelyben a nád dominál, de gyakori még a harmatkása (*Glyceria maxima*) és főleg az alsó szakaszon a különböző gyékény fajok (*Typha angustifolia*, *T. latifolia*, *T. laxmanni*) jelenléte. A főcsatorna alsóbb szakaszai felé növekszik a hínárállományok borítása, amiben az olyan gyökerező, és lebegő makrofiton hínárállományok dominálnak, amelyek főként a padkán és kisebb részben a mederrézsűn találhatók (*Nuphar luteum*, *Sparganium erectum*, *Potamogeton nodosus*, *Ceratophyllum demersum*, *Hydrocharis morsus-ranae*, *Spirodela polyrrhiza*). Kiváló vízminőségének és a Tisza közelségének köszönhetően a halfajok száma igen magas, vízében összesen 42 faj előfordulásáról van tudomásunk

## 2.4. A Bodrog

A Bodrog a Tisza jobboldali mellékfolyója. Szlovákiában ered, több kisvízfolyás egyesüléséből (Ondava, Latorca, Laborc, Ung, Tapoly). Bodrognak csak a Latorca és az Ondava egyesülésétől nevezik. Felsőbereckinél lépi át a magyar határt, Tokajnál ömlik a Tiszába. Teljes hossza 65 km, ebből a magyarországi szakaszának hossza 51 km. Vízigyűjtő területe 13 579 km<sup>2</sup>, ebből Magyarországon 972 km<sup>2</sup> található. Magyarországi mellékvizei a Zempléni-hegység keleti oldalán lefutó bővizű patakok, a Tolcsva, a Bódva, a Bózsva, és a Ronyva. A folyó medrének kis mértékű esése – 0,5 cm/km – és a tiszalöki vízerőmű visszaduzzasztó hatása következtében Sárospataktól a víz sebessége csupán 1,1–0,7 km/óra. A folyó felső szakaszán a meder szélessége mintegy 50 m lehet, de Sárospataktól 60–180 m között változik. A víz mélysége 1,5–3,5 m, vízminősége igen jó. A kismértékű esés mellett, a Bodrog másik jellegzetessége a rendkívül erőteljes meanderező hajlama. A két ágból létrejövő vízrendszer közös völgye csupán 55 km, de a Bodrog ebben a völgyben mintegy 115 km hosszan folyik, azaz a völgy hosszának több mint kétszeresét kanyarogja. A folyószabályozási munkálatok során 1863 és 1887 között átvágásokkal megrövidítették a medret, de ezek a beavatkozások korántsem voltak annyira drasztikusak, hogy a folyó jellegét alapvetően megváltoztassák. A folyó halakban gazdag. Értékessége különösen abban rejlik, hogy a tavaszi áradások során a tiszai torkolat előtti Bodrog-zug, egy olyan vizes élőhely típusú vízi világgá válik, ami a Tisza halutánpótlása szempontjából rendkívül fontos. Itt a különböző halfajok ideális ivóhelyeket találnak a szaporodásukhoz, a terület igazi halbölcsővé képes válni, s az ikrákból kikelő úszni képes hallárvak, ill. ivadékok a Bodrog és a Tisza medrébe visszahúzódnó vízzel átúsznak a folyókba, halivadékkal bőségesen benépesítik azokat.

## 2.5. A Sajó

Hazánk kilencedik legbővebb vizű vízfolyása. Szlovákiában, a Gömör-Szepesi érchegységben ered, a Stolica nevű csúcs (1476 m) alatt, mintegy 1300 méteres tengerszint feletti magasságban. A térszín nagy lejtése miatt a hegységről nagy sebességgel zúdul alá. Pelsőc előtt töri át a karsztvidéket, itt a folyó völgyét meredek hegyszőlők szegélyezik. A folyó délkeleti irányban halad tovább, egészen jobb oldali mellékfolyójával, a Rimával való találkozásáig, ami Velkenye alatt ömlik a Sajóba, így növelve az anyafolyó vízhozamát átlag 14-ről 21,6 m<sup>3</sup>/mp-re. Sajópüspöki határán lépi át a magyar határt. Itt hirtelen nagy mértékben csökken a mederesedés, a szélesség pedig a magyar szakaszra jellemzően megnő.

Szlovákiai szakaszának hossza 98 km. Teljes hossza a szabályozások óta valamivel kevesebb, mint 223 km; ebből magyarországi szakaszának hossza 125 km. Szélessége a magyar szakaszon általában 20 és 80 méter közé esik. Átlagmélysége sebes folyása miatt a felsőbb magyarországi szakaszon 0,8–1,2 méter körüli, ám ez a torkolat előtt néhol elérheti a 3,6 métert is. Vízigyűjtő területe 12 708 km<sup>2</sup>. Átlagos vízhozama 60 m<sup>3</sup>/mp. Hordalékának jelentős része kavics, ill. kőzetliszt. Esése hazai viszonylatban nagy, átlagosan 49 cm/km. Medre erősen kanyargós, és szigetekkel tarkított. Bár átvágták néhány kanyarulatát a mederszabályozások során, olyan lényeges beavatkozás esetében nem történt, ami jellegét alapvetően megváltoztatta volna. Néhány évtizeddel korábban, amikor a szlovák papírgyárak még üzemeltek, és Borsod-Abaúj-Zemplén megyében a mainál sokkal jelentősebb nehézipari tevékenység folyt, a Sajót az ország legszennyezettebb vízfolyásai között tarthattuk nyilván. Mára az ipari szennyezésből származó anyagbevitel lényegesen csökkent, és jelentősen javult a vízminősége. Jelenleg még az illegálisan a partjára hordott nagy mennyiségű kommunális hulladék okoz problémákat. A mederbe való besodródás, bemosódás különösen magas vízállások esetén okoz gondokat.

## 2.6. A Zagyva

Az Északi-középhegység részét képező Karancs hegységben ered, Zagyvaróna határán a Medves-hegy déli lejtőjén, a tengerszint felett mintegy 600 méter magasságban. A Zagyva-folyó a Mátra hegység vizeinek fő levezetője, a Tisza középső szakaszának legjelentősebb jobboldali mellékvíz-folyása. Legfelső, hegyvidéki szakaszán az esése 16,7 m/km, a dombvidéken 1,7 m/km, ami Hatvan és Jászberény között 0,64 m/km-re és végül az alsó szakaszon 0,12 m/km-re csökken. A Zagyva hossza 160 km, a Karancs-Medves hegység déli lejtőjétől a Cserhát és a Mátra között hosszan benyúló, széles völgyön keresztül a Mátrát megkerülve éri el az Alföldön a Jászságot, majd Szolnokonál torkollik a Tiszába. Átlagos vízhozama 9 m<sup>3</sup>/sec. Vízigyűjtőterülete a torkolatnál 5 677 km<sup>2</sup>, a Tisza-medence 3,6%-a – a vízigyűjtő csaknem teljes hányada – Magyarország területére esik, csupán 4,7 km<sup>2</sup> fekszik a határon túl. Vízigyűjtő területének legmagasabb pontja a Kékes – 1015 m – a legalacsonyabb pontja – 79 m – a vízfolyás torkolati szelvényében van. A vízigyűjtő átlagos magassága 247 m, 66 %-a 200 m alatti síkvidék, 32 %-a 200–600 m közötti dombvidéki terület, 2 %-a 600 m fölé esik. Úgy a Zagyva, mint mellékvizei száraz időben igen vízszegények. Kisvíz idején a főfolyóban is alig folydogál víz, szélessége még a torkolat közelében is csupán néhány méter. A Zagyva mellékfolyói jobbról a Tápió, Galga, Szuha, balról a Tarna. A Zagyva vízigyűjtőjén a nagyvizek általában december-március között jelentkeznek, a

nagyvizek árhullámain a hóolvadással együtt járó vagy a nélkül jelentkező esőzések okozzák. Ekkor vízhozama jelentősen megnövekszik, a torkolatvidéken akár több száz méter széles is lehet. Felső folyásánál alig szennyezett, alsó folyásában több helyen kiszélesedik, halakban gazdag. Hullámterében nedves rétek és helyenként emberi beavatkozástól csaknem teljesen mentes mocsarak vannak. Hullámterében még nem uralkodtak el olyan amerikai növényfajok, mint a gyalogakác és az amerikai kőris. A Tiszán télen és tavasszal végigvonuló árhullámok idején a Zagyva vízállása is mindig magas és szinte minden évben van egy olyan időszak, amikor a folyó még messze a torkolat felett is kitölti a gátak közötti hullámteret, feltöltve vízzel a hullámtéren található mélyedéseket, kubikgödröket. A itt visszamaradó víz mozaikszerű mocsári életközösségek megmaradását teszi lehetővé, amelyek számos, napjainkra már megritkult, a tájra jellemző flóra- és faunaelem utolsó menedékhelyei. A Zagyva folyó élővilága változatos, gyakoriak a különböző hínárnövények, és a part menti zsombékosok. Mind a folyó, mind hullámtere összességében az év legnagyobb részében keskeny, ezért környezeti állapota jelentős mértékben függ, a víz és a part szennyezettségétől.

## 2.7. A Körösök

Az összefoglalóan Körösök néven ismert folyók teljes hossza 741 km, Romániában erednek és egyesülésük után 200 kilométerrel Magyarország területén a Tiszába ömlenek. A Körösök teljes vízgyűjtő-területe mintegy 27 537 km<sup>2</sup>, ennek 53%-a Erdélyben van. A Magyarországon lévő 47%, a Tiszántúl nagy részét magába foglalja. Ezt a vidéket a 18-19. századi folyószabályozások előtt a kanyargós, lassú, egymásba sok helyen átkötődő, mocsárvilágba vesző, majd onnan újra előbukkanó folyóágak szövevénye jellemezte. A térségben nagy volt az árvízi veszélyeztetettség, kicsi volt a termőterület, nehezek voltak a közlekedési viszonyok.

A Fehér-Körös folyó Romániában az Erdélyi Érchegységben ered, majd a Fekete-Körössel történő összefolyása után Kettős-Körös néven folyik tovább. Teljes hossza: 2357 km, ebből a magyarországi szakaszának hossza 9,8 km. A meder átlagos esése, 0,07 cm/m, vízének átlagos sebessége, 0,6-1,1 km/óra, a meder átlagos szélessége, 15 méter, a víz átlagos mélysége, 0,8-2,5 méter.

A Fekete-Körös hossza román területen eléri a 147 km-t, eredete Bihar megyében, Rézbánya környékén van. Magyar területen, a Szanazugban folyik össze a Fehér-Körössel, s onnan Kettős-Körös néven folytatják útjukat. Teljes hossza 168 km, ebből a magyarországi szakaszának hossza 20 km. A meder átlagos esése, 0,06 cm/m, a víz átlagos sebessége, 0,8-1,4 km/óra, a meder átlagos szélessége, 20 méter, a víz átlagos mélysége 1,5-3 méter.

A Sebes-Körös Romániában, a kalotaszegi dombvidéken, Körösfőttől nyugatra ered, forrása gránitkövekkel kirakott, foglalt forrás. A Körös-vidék egyik fő folyója. Dél-kelet Magyarországon, Gyománál ömlik a Kettős-Körösbe. Nyáron, kisvizes időszakban a felső szakaszán gond nélkül át lehet gázolni, de tavasszal, a hirtelen hóolvadások, vagy nagy esőzések idején rendkívül bővizű, erős sodrású. A Sebes-Körös árhullámainak csillapítására Romániában energetikai célú tározórendszert hoztak létre. A tározórendszer működésének következtében a Sebes-Körös magyarországi szakaszának vízjárása lényegesen megváltozott. Az kétségtelen tény, hogy ritkábbak és alacsonyabbak lettek a kialakuló árhullámok, a korábbi kisvizes időszakok pedig rövidebbek és a régebbinél lényegesen bővebb vizűek. Az viszont kedvezőtlen változás, hogy amikor a felső szakaszokon vízhiány van, a betárolás következtében hazánk területére szinte már alig folyik át víz. Ekkor szokott szükség lenni, a vízkészlet utánpótlására a Tiszából. A Sebes-Körös Teljes hossza, 209 km, ebből a magyarországi szakaszának hossza 58 km. A Magyarországi szakaszon, a Berettyó torkolata és Körösladány között 1977-ben duzzasztómű épült. A meder átlagos esése, 17,1 cm/km, a víz átlagos sebessége, 2,8 km/óra, a meder átlagos szélessége, 40 méter, a víz átlagos mélysége, 1,5 - 3 méter, kisvizes időszakban csupán 0,5 m. A Kettős-Körös, a Fehér-Körös és a Fekete-Körös szanazugi összefolyásából keletkezik, teljes hossza, 37 km. Amint a Fehér- és Fekete-Körös egymásba ömlik, utána mintegy tíz kilométeres szakaszon egyenesen halad a Kettős-Körös Békésig. A folyónak ez a szakasza a Békésnél levő duzzasztó miatt aránylag lassú folyású. A duzzasztómű után a folyó kanyargósabbá válik, s egyúttal bőségeesebbé válik a halállománya. Köröstarcsa után a folyó megtartja kanyargós jellegét, de medrében egyre szaporodnak a kövezéssel védett éles kanyarulatok.

A Hármas-Körös, a Sebes-Körös és a Kettős-Körös összefolyásából keletkezik. Teljes hossza, 91 km. Az egyetlen beletorkolló jelentősebb vízfolyása a Hortobágy-Berettyó. Csongrádnál ömlik a Tiszába. Medrének átlagos esése, 0,01 cm/m, a víz átlagos sebessége, 1,1 km/óra, a meder átlagos szélessége, 70 méter, a víz átlagos mélysége, 3-4 méter.

## 2.8. A Maros

A Maros folyó a Keleti-Kárpátokban, a Gyergyói-havasok és a Görgényi-havasok találkozásánál, ered és Szegednél torkollik a Tiszába. Hossza körülbelül 725 km, ebből a magyar szakasz csupán 48 km. A Maros alsó

szakaszán 18 km hosszon egy darabig határfolyó Magyarország és Románia között. A határ különlegessége, hogy itt, a Maros mederfejlődésének következtében mozgó államhatár van. Ez azt jelenti, hogy tízévente felméri a határfolyó medrét, majd a sodorvonalban állapítják meg az államhatárt. Ezen a részen sok szigetet épít, és medrét jelenleg is folyamatosan változtatja. A vízjárása igen ingadozó, a makói vízmércén eddig mért legalacsonyabb vízállása -100 centiméter volt 1983-ban, a legmagasabb pedig 625 centiméter, 1975-ben. Ez különösen akkor okoz gondot, ha áradása a Tiszáéval egybeesik. Vízhozama is jelentősen változó, például 1970-ben volt 30 m<sup>3</sup>/s és 2 500 m<sup>3</sup>/s is. Torkolatától délre, a Tisza vizében egy darabig nyomon követhető a két folyó vize egy mederben, mivel színük, és az általuk szállított hordalék mennyisége is eltér egymástól. A Maros magyar szakaszának ártéri erdői a Körös-Maros Nemzeti Parkhoz tartoznak, s ugyanitt, a folyó román oldalának ártéri erdői is védettek. A Marosban a magyarországi halfauna nagy része megtalálható. A Marost fűz-nyár ligetek, és bokorfüzesek szegélyezik. A folyó szennyezése jelentős, ami legfőképpen a Romániában folyó ipari és bányászati tevékenység eredménye.



---

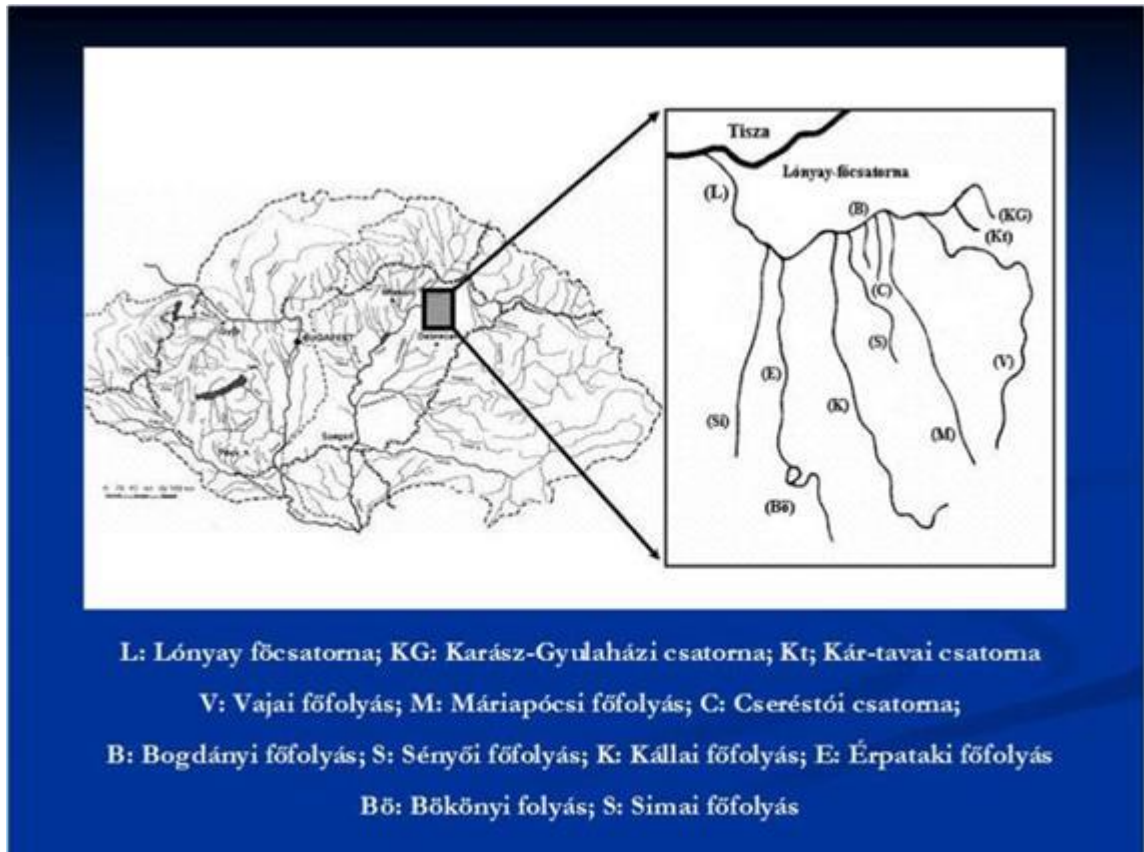
# 11. fejezet - A Balaton legnagyobb tápláló vízfolyása

## 1. A Zala

A Balatonba mintegy 30 állandó és időszakos vízfolyás szállít vizet. Ezek közül a legjelentősebb, a Zala folyó. A Zala vízgyűjtő területének teljes terjedelme Magyarország területén található, fő tápláló vízfolyása a Balatonnak, vízgyűjtő területe a tó teljes vízgyűjtő területének 45%-a. Forrása Nyugat-Magyarországon, Szalafő határában van, lényegében a Fekete-tóból ered. Rendkívül gazdag mellékvízfolyás rendszerrel rendelkezik, aminek tagjai a Sárvíz-patak, a Páli-patak, a Szévíz, a Felső-Válicka, a Pózvai-patak, a Principális-csatorna, a Csörgeti-patak, a Bárándi-patak, a Széplaki-patak, a Bókaházi-patak, a Szentkirályi-patak, és a Szentgyörgyvári-patak. Hossza 126 km, átlagos vízhozama 6 m<sup>3</sup>/s. A folyó első szakasza keleti irányú. A felső szakaszra jellemző a kavicsos-agyagos meder, a part vízínövényzettel sűrűn benőtt. A medencék mellett kis akadók, csurgók is megtörnek a sodrást, alámosott partok és kis mederesések változatossá teszik a meder szerkezetét. Zalaegerszegnél északkelet felé fordul, majd Türrje környékén ismét irányt változtat délnek. A folyó ezen – déli irányba tartó szakasza – a középső pleisztocénban alakult ki, megváltoztatva a korábbi, Kisalföld felé tartó futását. A pleisztocén végén a süllyedő balatoni medence szintén a Zala folyómedrének módosulását eredményezte, megszüntetve a Drávába torkolló szakaszát, s létrehozta a Zalavár környékén északkelet felé forduló, s egy terjedelmes mocsárvilágon keresztül, Balatonba torkolló szakaszt, melyet a Kis-Balatonon keresztül a Keszthelyi-öbölnél ér el. A fenékpusztai hídnál már kiszélesedik, az áramlás sebessége csökken.

## 2. A Lónyay-főcsatorna

Az 1800-as évek közepéig – a lecsapolások előtti időkben a domborzati viszonyok sajátosságai miatt – a Nyírség legnagyobb része lefolyástalan volt. A hóolvadás után, vagy csapadékos időkben a homokdombok közötti mélyedésekben összegyűlt víz a terület nagy részén lehetetlenné tette a földek művelését, nehezítette a közlekedést. Már az 1800-as évek elején (1806) felvetették a Nyírség földbirtokosai egy vízelvezető csatorna létesítését, ami ekkor az ún. „vármegyei árkok” készítésével kezdődött, amikor a lefolyástalan, pangó vizek elvezetésére, összekötötték a homokdombok közötti árkokat. Ez lehetővé tette, hogy az árkok vizei – természetes esés következtében – északi irányba, a nagyobb medencékbe folyjanak. Ennek következményeként a nagyobb medencék vízszintje megemelkedett, s ez a terület a korábbinál is vízesebbé vált. A területen élő birtokosok – földjeiket féltve – utat nyitottak a víznek az alsóbb medencék felé, aminek következtében a Nyírség vizei a Rétközre folytak. Ez viszont nyilvánvalóan az ottani birtokosok számára vált elfogadhatatlanná. A kialakult helyzet rendezésére 1879-ben alakult meg a Nyírvíz Szabályzó Társulat, és elkészült a Nyírség vízszabályozásának terve. A Lónyay-főcsatorna fő ága, 1879-ben készült el. A főfolyások hossza 750 km volt, de a csatornahálózat végső kiépítése és befejezése csak 1939-ben történt meg. A Lónyay-főcsatornába délről hat nagyobb és több kisebb csatorna torkollik (30. ábra).



30. ábra: A Lónyay-főcsatorna vízhálózata

Kelet felől, a folyás irányába haladva a legkeletibb ága a Karász-Gyulaházi csatorna, ami a Kár-tavai csatornába folyik, majd a Kár-tavai csatorna Berkesznél egyesül a Vajai főfolyással, s tulajdonképpen innen nevezzük a fő medret, Lónyay-főcsatornának. A fő meder hossza 91 km, a bele torkolló vízfolyások pedig rendre a következők: Vajai főfolyás (47 km), Máriapócsi-főfolyás (37 km), Cseréstói-főfolyás (4 km), Bogdányi-főfolyás (5 km), Sényői-főfolyás (18 km), Kállai-főfolyás (55 km), Érpataki-főfolyás (46 km), Simai-főfolyás (32 km). A Lónyay-főcsatorna a benne áramló vizeket Gávavencsellő közelében vezeti a Tiszába.

Ha a terület átnézeti térképét nézzük (31. ábra), nyilvánvalóvá válik, hogy miért éppen a jelenlegi helyén fut a meder. Látható, hogy ott húzódik – a Tisza irányába mutató lejtéssel – a terület legmélyebb része. A Lónyay-főcsatorna vízgyűjtő területének elrendeződése aszimmetrikus, délről jóval több víz áramlik a főmederbe, mint Északról. Emiatt Észak felől, nem is alakult ki jelentősebb befolyója. A vízgyűjtő további fontos jellegzetessége, hogy teljes terjedelme hazánk területén található. Tekintettel hazánk vízrajzi viszonyaira, ez egyáltalában nem megszokott sajátosság (éppen a fentebb tárgyalt Zala esetében találkoztunk hasonló helyzettel). Ez az elrendeződés alkalmat ad arra, hogy futását, sajátosságait, a beléje kerülő anyagok hatását a vízminőségre, sokkal hozzáférhetőbb módon tanulmányozhassuk, mintha rendelkezne határainkon túli eredettel is.

## A Lónyay-főcsatorna vízgyűjtő területe



31. ábra: A Lónyay-főcsatorna vízgyűjtő területe

Ez a sajátosság adott alkalmat arra, hogy a már többször is citált NKFP pályázat keretében egy olyan példa mintaterületté jelöljük ki, ahol a vizek számára terhelést jelentő anyagok hatását lehet tanulmányozni. A Lónyay-főcsatorna mentén összesen 30 mintavételi helyet jelöltünk ki. A helyek kijelölésének elve az volt, hogy egyrészt minden fő befolyón legyen több mintavétel – a felső szakasztól a főcsatorna torkolata felé haladva, de a torkolat előtt feltétlenül – másrészt magán a főcsatornán legyen kijelölt mintavételi hely minden befolyó víz torkolata után, és magának a főcsatornának a Tiszába való betorkollása előtt (32. ábra).





32. ábra: Mintavételi helyek a Lónyay-főcsatorna vízrendszerében

A mintavételi helyek ilyen módon való elrendezése ajánlott minden olyan esetben, amikor valamilyen vízrendszerben futó víztömegek jellemző állapotait kívánjuk értékelni. A mellékvízfolyásokon elhelyezkedő helyek segítségével nyomon lehet követni az adott mellékvízfolyás állapotának változását, a fő vízfolyásba való betorkollás előtti hely állapota pedig azt mutatja meg, hogy milyen állapotú vízzel járul hozzá a mellékvízfolyás a főfolyás vízének állapotához. Magában a főcsatornában kijelölt mintavételi helyek elrendezése alkalmat ad arra, minden esetben nyomon lehessen követni azt, hogy a befolyó mellékvízfolyás milyen hatást gyakorol a főfolyásban áramló víztömegekre.

A vizsgálati program kivitelezését elsősorban az indokolta, hogy a vízgyűjtő szennyezésre érzékeny területen van, ahol 42 jelentősebb település található, köztük Nyíregyháza, a térség legnagyobb városa. A vízgyűjtő terület vízfolyásaiba 20 település szennyvíztisztítójának tisztított szennyvize jut. A szennyvíztisztító telepek közül jelenleg 11 működése – elsősorban a túlterheltség következtében – nem megfelelő, s a területen 22 olyan település található, amelyek egyáltalán nem rendelkeznek csatornahálózattal. Mindezek mellett, a Lónyay-főcsatorna az olvadékvizeknek, és a belvizeknek is befogadója, sőt feltételezhető volt, hogy a felszín alatti vizek áramlási pályái is ebbe az irányba vezetnek. Mindezek összességében azt jelentik, hogy egy olyan vízgyűjtő rendszerről van szó, amiben az áramló víztömegek számára szennyezést okozó anyagok helyben termelődnek, az egész rendszer pedig a Tisza számára jelent valamilyen mértékben szennyező forrást. A munka legfőbb célja éppen az volt, hogy ennek a potenciális szennyezésnek a mértékét felmérjük.

Nyilvánvalóan e jegyzet keretei között arra nincs lehetőség, hogy a munka teljes vertikumát bemutassuk. Példaként csupán az ökológiai vízminősítés szempontjából fontos sajátosságok közül emelünk ki néhányat. Az adatok a 33. ábrán jelölt mintavételi helyekről származnak.



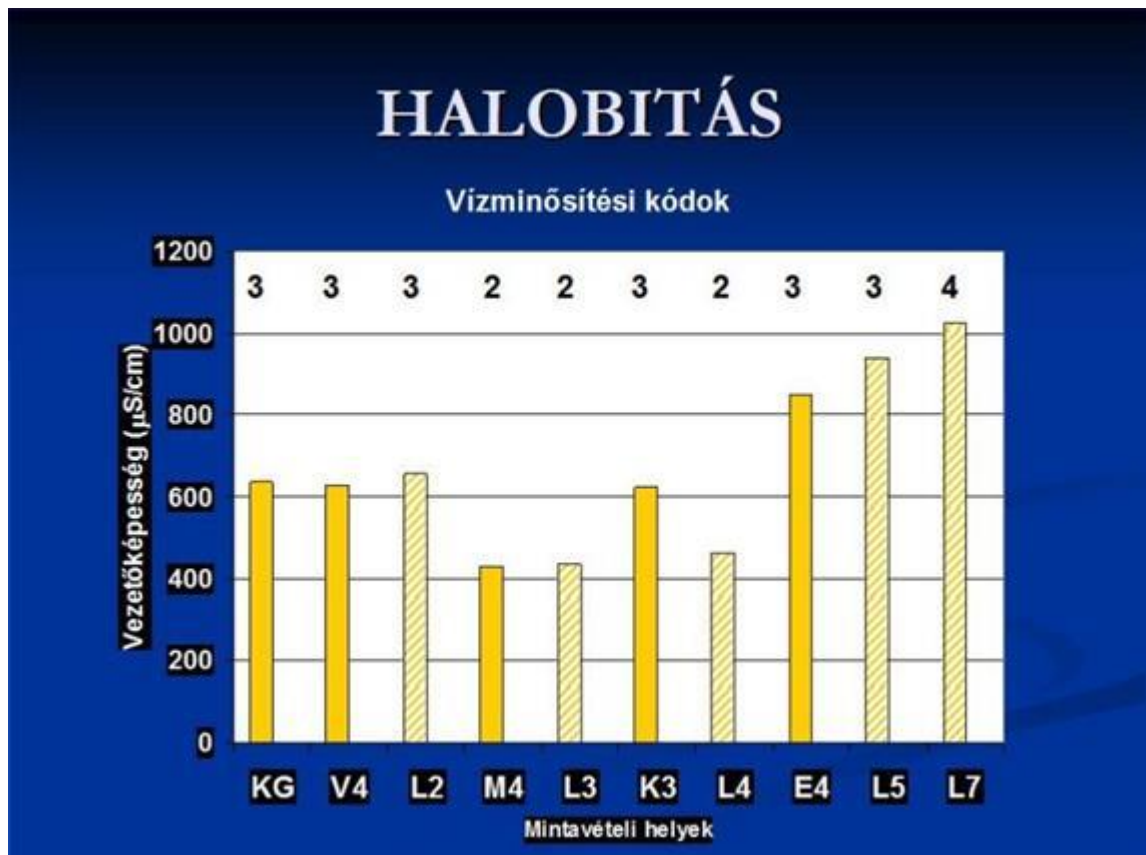


33. ábra: Mintavételi helyek

A mintavételi helyek jelölésében az L2-L7 a Lónyai-főcsatornában kijelölt pontok, a Tisza felé haladva növekvő számozással. A jelölt befolyók pedig sorrendben, a Karász-Gyulaházi csatorna (KG), a Vajai-főfolyás torkolata (V4), a Máriapócsi-főfolyás torkolata (M4), a Kállai-főfolyás torkolat (K3) és az Érpataki-főfolyás torkolata (E4).

Ha vízminősítésről beszélünk, mindig határozott különbséget kell tenni a vízminőség (kvalitás) és a vízjóóság (bonitás) között (Dévai és mtsai. 1999). A minőség a vízi ökológiai rendszerek belső, lényegi meghatározottsága, amit a vizekben egy adott pillanatban ható sajátosságok eredője határoz meg. A vízminőség tehát egy állapot, aminek esetében nincs értelme önmagában arról beszélni, hogy a minőség jó, vagy nem jó, javul, vagy rosszabbodik. Egy objektív állapot ugyanis olyan, amilyen. Olyan, amit az összetevők hatásának eredője meghatároz. Egy adott vízminőség jó, és kedvező lehet egy sor vízi élőlény számára, míg másoknak csak korlátozott megjelenést biztosít, s természetesen van az élőlényeknek olyan csoportja is, amik létezésének – az adott körülmények között – nem adtak a feltételei. Ha a vízminőséget az élőlények igényeivel, vagy valamilyen vízhasználati szemponttal vetjük össze, akkor már beszélhetünk arról, hogy az adott minőség mely fajok – mely felhasználások – számára kedvező, melyek számára nem. Ez viszont már nem minőségi, hanem jósaági (bonitás) kategória. Természetesen, ha jóságról beszélünk, akkor már tehetünk olyan megállapításokat, hogy az adott állapotok ha változnak, akkor a változás mely fajok, vagy vízhasználati módok számára kedvező, vagy nem kedvező, azaz mely szempontból lehet a változást javulásnak, vagy romlásnak értékelni. Ha például a vízcsapból engedünk egy edénybe vizet, akkor az (elvárhatóan) ivóvíz minőségű. Ha ebbe a vízbe – az ivóvíz minőséget fenntartva – halakat helyezünk, akkor halaink egészen biztosan el fognak pusztulni. Vagy azért, mert nincs táplálékuk, vagy azért, mert nem elegendő számukra az oxigén, esetleg túlságosan sok a vízben a klór. Másik oldalról viszont, ha egy síkvidéki halastó partján sétálunk nyáridőben, amikor a víz sárgászöld, tele szerves és szervetlen lebegőanyaggal, ill. a szerves anyagok bomlástermékeivel, bizony nagyon szomjasnak kellene lennünk ahhoz, hogy ebből a vízből egy jót igyunk. Azonban ha azt a kérdést kapjuk, hogy melyik víz a jobb, csak akkor tudunk válaszolni, ha azt is tudjuk, hogy milyen szempontból kell a választ megadni. Ivóvíz célú felhasználás esetén természetesen a csapvíz, halas tavi felhasználás szempontjából pedig a halastó vize tekinthető jónak, s ha a minőség változik, akkor az eredeti felhasználások – vagy az ott eredetileg élő élőlények – szempontjából bekövetkező romlás, automatikusan kedvező változást jelent egy más felhasználás, vagy a kialakuló más minőséget kedvelő élőlények számára.

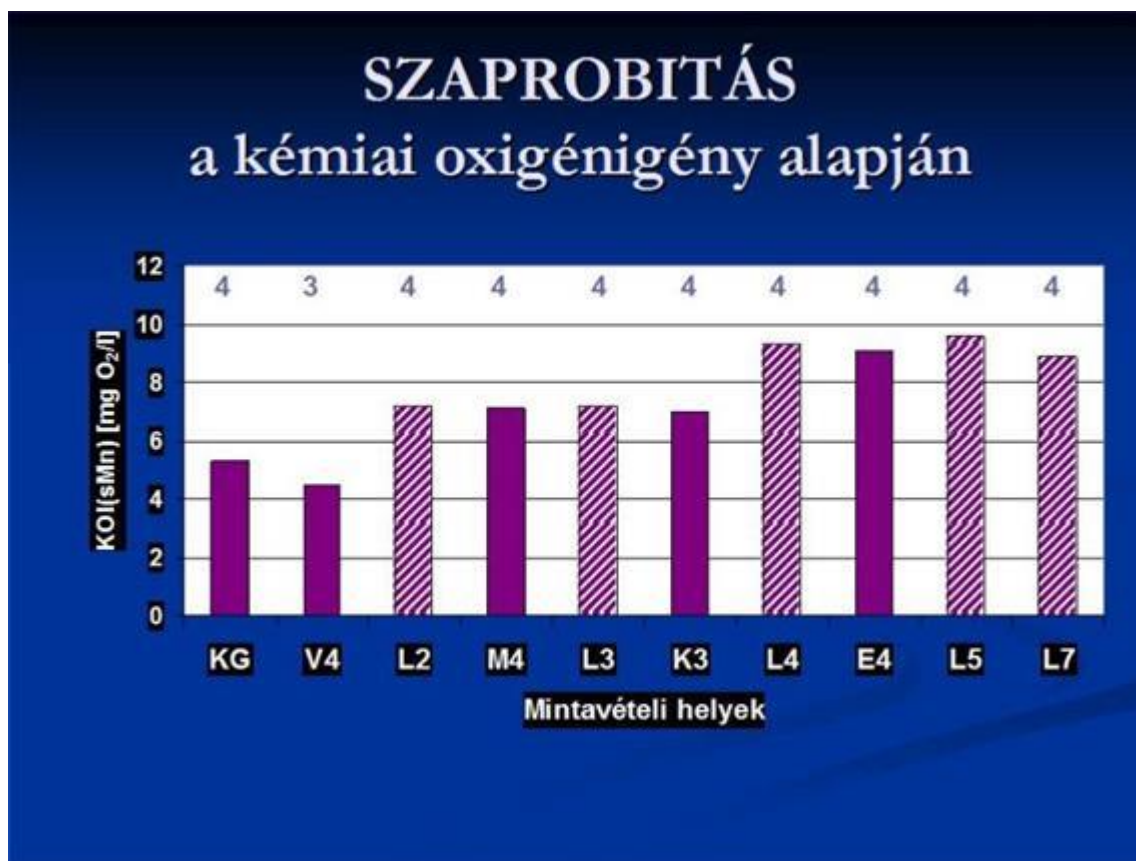
A bemutatásra kiválasztott vízminőségi változók közül az első, a halobitás (34. ábra).



34. ábra: A halobitás változása a Lónyay-főcsatornában

Maga a halobitás nem más, min a víz szervesetlenkémiai jellege. Több változót fel lehet használni a halobitás teljes körű leírására (fajlagos elektromos vezetőképesség, uralkodó kationok, uralkodó anionok, protonaktivitás). A 34. ábrán a fajlagos elektromos vezetőképesség értékeinek változását látjuk. A víz útja közepes vezetőképességi értékekkel indul. A Karász-Gyulaházi csatorna és a Vajai-főfolyás értékei nagyon hasonlóak, ami a Lónyai-főcsatorna kezdeti szakaszán is hasonló értékekhez vezet. A Máriapócsi főfolyás e szempontból jobb minőségű vizének hígító hatása jelentős mértékben érvényesül és a vezetőképesség értéke a főcsatornában is csökken. Kis mértékű emelkedéshez vezet a főcsatornában a Kállai-főfolyás magas vezetőképességű vize, de mivel a vízhozama jóval kisebb, mint a Máriapócsié volt, beömlése nem vezet hirtelen vezetőképesség emelkedéshez. Ez már nem mondható el, az Érpataki-főfolyás becsatlakozása esetén. Az érpataki főfolyás ugyanis 46 km-es futása mentén, a mezőgazdasági művelés alatt álló vízgyűjtő területéről sok csurgalékvizet gyűjt össze, áthalad a vízgyűjtő legnagyobb városán Nyíregyházán, majd a várost elhagyva még megkapja annak tisztított szennyvizét is. Állapotára jellemző, hogy a városon áthaladó szakaszát a helyiek nemes egyszerűséggel „Gangesz”-ként emlegetik. Mindenesetre az ábrából nyilvánvalóan látható, hogy hatása a főcsatornára erőteljes. Egy ideig nem találtunk elfogadható indokot arra, hogy az Érpataki-főfolyás hatása után, a tiszai torkolat felé haladva miért emelkedik folyamatosan a vezetőképesség, de e fejezet utolsó ábráján erre is magyarázatot tudunk adni.

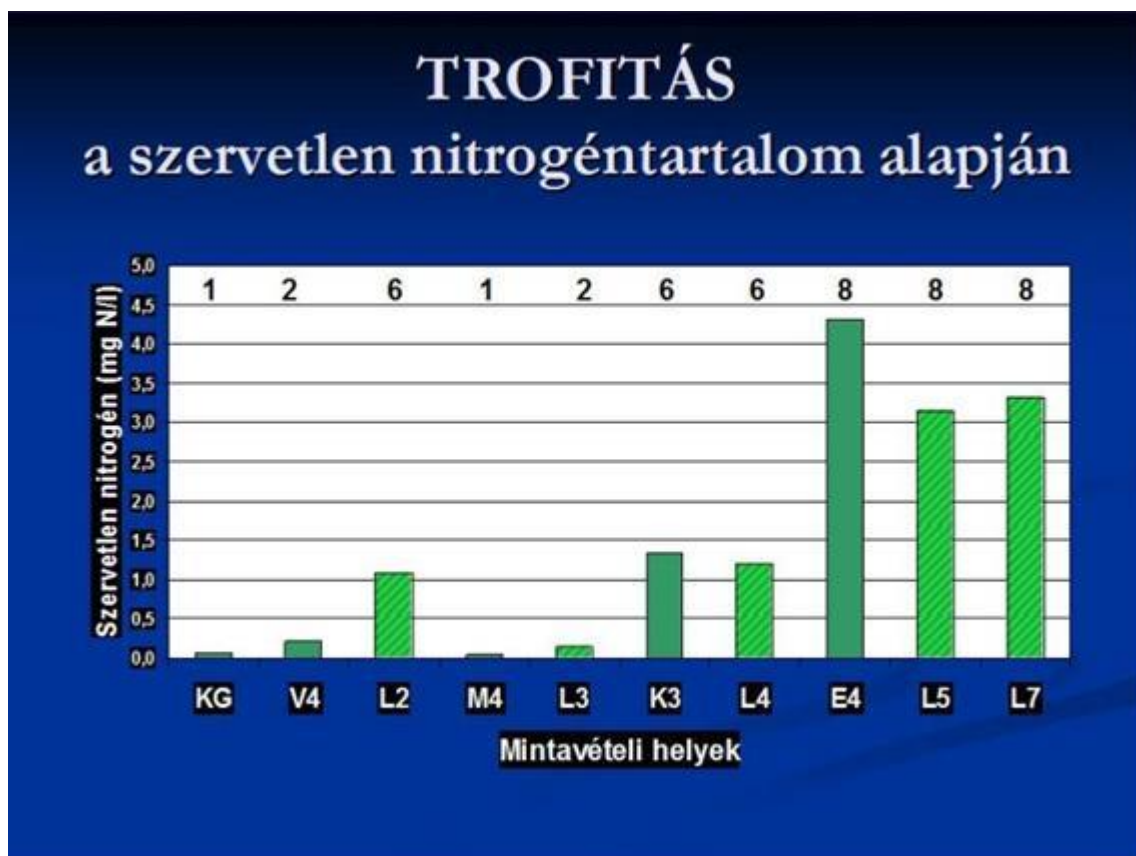
A következő vízminőségi kategória a szaprobitás (35. ábra).



35. ábra: A szaprobitás változása a Lónyay-főcsatornában

A szaprobitás a szerves tápanyagokban való gazdagság. Teljes körű leírásához szükséges a kémiai oxigénigény, a szerves kötött nitrogéntartalom, és az összes formált foszfor meghatározása a víztér megfelelő helyein. A 35. ábrán látható eredményeket vizsgálva egyértelműen látható, hogy a kémiai oxigénigény által leírt szaprobitási mutatók alapján a vízrendszer egyértelműen gazdagodik szerves anyagokban a főcsatorna torkolata felé haladva, de ez egy egyenletes növekedés, nagy kiugrások nélkül.

A szervesetlen nitrogén tartalom változását a 36. ábrán követhetjük nyomon.



36. ábra: A szervesen kötött nitrogén tartalom változása a Lónyay-főcsatornában

Ez a mutató már a trofitás körébe tartozik, ami a szervesen tápanyagokban való gazdagságot méri, főként nitrogén- és foszforformák meghatározása által (oldott ortofoszfát tartalom, szervesen kötött nitrogén tartalom). A 36. ábrán világosan kitűnik, hogy a főcsatorna kezdeti szakaszai szervesen nitrogénben meglehetősen szegények, a jelentős anyagbevitelt itt is Érpataki-főfolyás szállítja. Ha a másik fontos szervesen tápanyagnak, az oldott ortofoszfátnak a változásait vizsgáljuk (37. ábra) szinte teljesen hasonló adatokat látunk.





37. ábra: Az oldott ortofoszfát tartalom változása a Lónyay-főcsatornában

A két ábra együttes áttekintésekor érdemes megfigyelni a változásokat az Érpataki-főfolyás betorkollása után. Előzetesen ugyanis azt lehetne várni, hogy a betorkolló vízzel érkező nagy mennyiségű nitrogén és foszfor hatására, a Lónyai-főcsatorna további szakaszán is magas szinten marad ezen anyagok mennyisége, de ezzel ellentétesen, mindkét esetben csökkenést látunk. Ennek a váratlan dolognak a magyarázatát a 38. ábra adatai adják.



38. ábra: A vízben mérhető a klorofill tartalom változása a Lónyay-főcsatornában

Az ökológiai vízminősítésben az építő szervezetekben való gazdagságot mérjük a konstruktivitás mutatójával. Ennek is több eleme van (a vízben mérhető a-klorofill tartalom, az élőbevonat a-klorofill tartalma, a fitoplankton biomassa, a hínárállományok biomasszája) melyek közül a vízben mérhető a klorofill tartalom változásának eredményeit láthatjuk a 38. ábrán. A teljes vízgyűjtőt vizsgálva elmondható, hogy a főcsatorna mentén az a klorofill tartalomban is az a tendencia figyelhető meg, hogy a torkolat felé kissé emelkedő értékeket látunk. Ami igazán figyelemre méltó, hogy a legnagyobb értéket az Érpataki főfolyás csatlakozása utáni szelvényben látjuk, pontosan ott, ahol a szerves tápanyagok (nitrogén, foszfor) mennyisége lecsökken. A három táblázat eredményeit együtt elemezve adhatjuk a magyarázatát a látott változásoknak. A nitrogén és a foszfor mennyisége itt azért csökken, mert a szerves tápanyagok jelentős része a primer produkció révén azonnal beépül az autotróf – elsődleges termelő, konstruáló – algák szervezetébe, amit a konstruktivitás növekedése azonnal jelez is.



39. ábra: A planktonikus szaprofita baktériumok telepszámának változása a Lónyay-főcsatornában

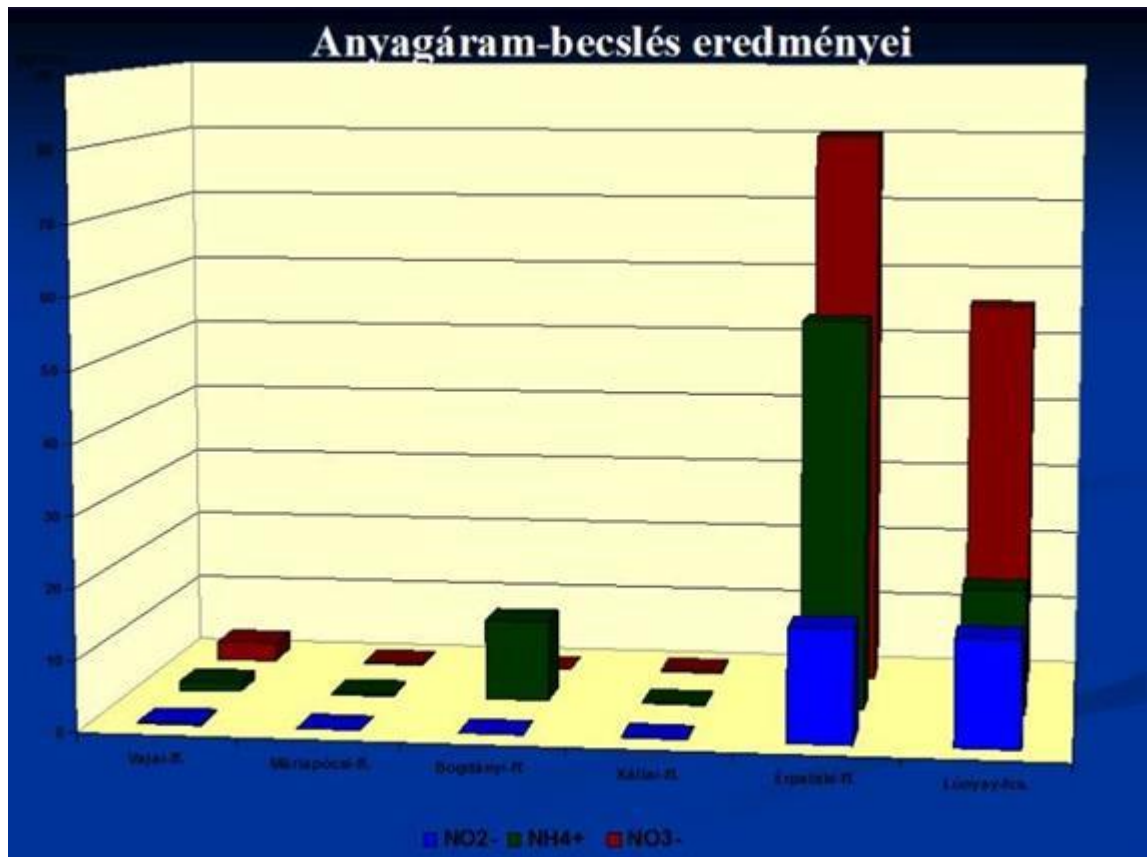
A teljesség kedvéért a lebontó szervezetekben való gazdagság mérésére szolgáló destruktivitás köréből is bemutatunk egy elemet. A destruktivitást teljes körűen a planktonikus szaprofita baktériumok telepszámának, a planktonikus baktériumszámnak, a planktonikus bakteriális biomaszának, a zooplankton biomaszának, a heterotróf élőbevonat biomaszájának és a zoobentosz biomaszájának együttes vizsgálatával lehet leírni. Ezek közül, a planktonikus szaprofita baktériumok telepszámának változását látjuk a 39. ábrán. Összességében azt lehet mondani, hogy a destruktivitás értéke az egész vizsgált szakaszon meglehetősen kicsi és – mint szinte minden más elem esetében – csak a főcsatorna utolsó szakaszában emelkedik meg kissé. Az ábrát azonban azért mutatom be, hogy felhívjam a figyelmet a Lónyay-főcsatorna Kállai-főfolyás utáni szakaszán látható kiugró értékre. Erre a vízrendszerben áramló anyagmennyiségek elemzése révén nem lehet magyarázatot adni, a kiugró értéket csak valami – a mintavétel során fel nem derített – pontszerű szennyezés okozhatta.

A munka során anyagáram becsléseket is végeztünk. Az ilyen vizsgálatoknak az a jelentősége, hogy bármilyen mennyiségű anyagot mutatunk is ki egy-egy mintában, az eredményeket rendszerint literre vonatkoztatva – mg/l értékben – adjuk meg. Az ökológia rendszer működése szempontjából azonban egyáltalában nem mindegy, hogy a vizsgált anyagtartalmú víztömegből, mennyi áramlik át a rendszeren, azaz elengedhetetlenül szükség van a vízhozam adatokra is. A vízhozam adatok és a mintából meghatározott mg/l értékek alapján pontosan ki lehet számítani, hogy adott anyagmennyiségből mennyi áramlik át a rendszeren, amit kg/nap, kg/év dimenzióban szokás megadni.

A 40. ábrán a vizsgált nitrogénformákra –  $\text{NO}_2$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_3^-$  – számított anyagáram-becslés eredményeit mutatjuk be, kg/nap egységben. Az ábra meggyőzően bizonyítja mindazt, ami az egyes elemek vizsgálatából már eddig is nyilvánvaló volt. A legnagyobb anyagmennyiségeket az Érpataki-főfolyás szállítja, mégpedig úgy, hogy a felső szakaszától a torkolat felé haladva dinamikusan nő a szállított anyagmennyiség. Ez határozza meg döntő mértékben a Lónyay-főcsatorna jellemzőit is, ugyancsak a torkolati szakasz felé növekvő tendenciát mutatva.

Az anyagáram-becslésekhez szükség volt pontos vízhozam adatokra. Mértük minden jelentősebb főfolyás torkolata előtt, valamint a főcsatorna torkolatánál is a vízhozamot, kifejezetten erre alkalmas műtárgyak segítségével. A vízhozam adatok elemzése azonban az eredeti szándékon is túlmutató, meglehetősen váratlan

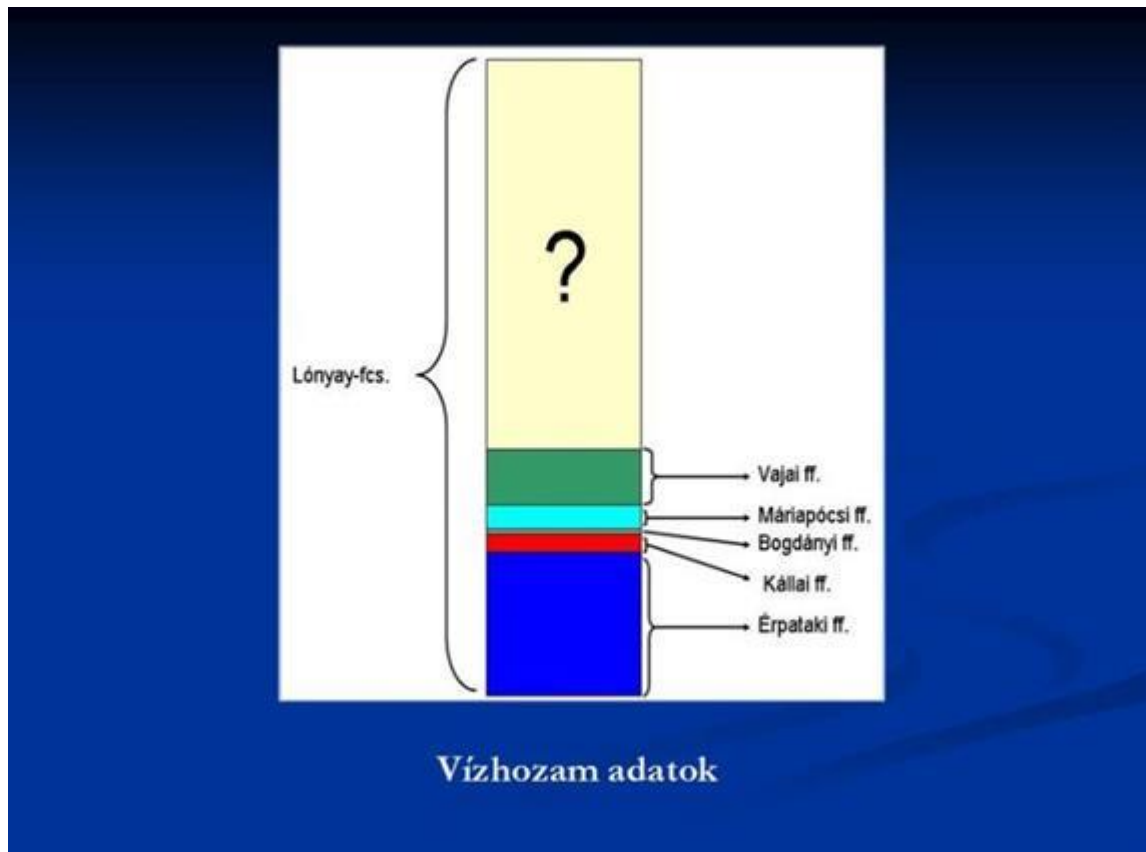
eredményt hozott, ami talán magyarázatot adhat arra is, hogy a vezetőképesség értéke miért növekszik a főcsatorna torkolati szakaszán, holott a befolyó vizek állapota azt nem indokolja.



40. ábra: Anyagáram-becslések ak változása a Lónyay-főcsatornában

Amikor összeadtuk az egyes főfolyások vízhozam adatait, és összevetettük a Lónyay-főcsatorna torkolatánál mért adatokkal, azt tapasztaltuk, hogy a főfolyások által a csatornába szállított víz mennyisége együttesen sem éri el még az 50%-át sem annak a vízmennyiségnek, amit a csatorna továbbít a Tiszába (41. ábra).





41. ábra: Vízhozam adatok a Lónyay-főcsatorna vízrendszerében

Nyilvánvaló, hogy ha a víz a felszíni hozzáfolyásból nem származhat, csak és kizárólag a felszín alatt áramló vizek pótolhatják a hiányzó mennyiséget. Ennek az állításnak az egyik alátámasztása, hogy az egész terület geológiai szerkezete olyan, hogy a felszín alatti vizek áramlási pályái a Lónyay-főcsatorna felé mutatnak, mégpedig egy a főcsatorna tiszai torkolata felé mutató iránnyal. Konkrét bizonyítékot pedig az adott, hogy a területen ivóvizet szolgáltató Nyírségvíz Rt.-nek pontos adatai vannak arról, hogy mennyi a térség ivóvíz felhasználása. A kiszolgáltató ivóvíznek azonban csak egy kis részét gyűjtik össze a csatornahálózatok és szállítják a szennyvíztisztítóba. A két mennyiség közötti különbséget „eltűnt szennyvíz”-ként tartják nyilván. Izotópanalitikai mérésekkel alátámasztottuk, hogy a területen kiszolgáltató ivóvíz izotóparányai – amik a felhasználás során nem változnak – teljes mértékben megegyeznek a Lónyay-főcsatorna torkolati szakaszáról származó vizek izotóparányaival. A kiszolgáltató, de a szennyvíztelepeken össze nem gyűjtött víztömegek, a területre hulló – és helyben nem hasznosuló – csapadékkal együtt, a vízáteresztő talajon keresztül leszivárognak a mélybe, és felszín alatti vízként áramlanak a Lónyay-főcsatorna medre, különösen annak tiszai torkolata irányába. Ez okozza a mért vízhozam többletet, a mivel magas sótartalmú, nagy vezetőképességű vízről van szó, emeli a Lónyay-főcsatorna fajlagos elektromos vezetőképességét.

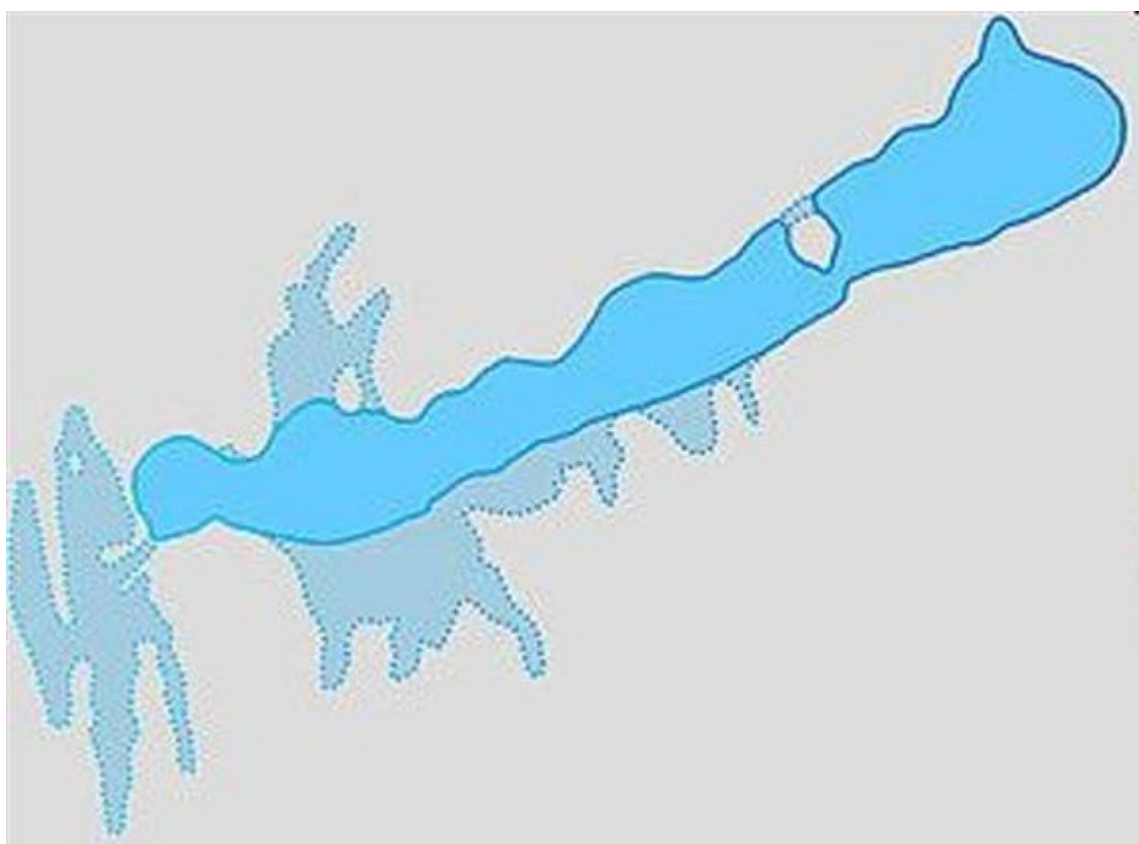
### 3. Tesztfeladatok .

---

## 12. fejezet - A Balaton

A Balaton Közép-Európa legnagyobb sekélytő típusú állóvize, hazánk emblematisztikus víztere. Jelentősége egy sor szempont szerint (ökológiai, rekreációs, turisztikai, gazdasági) kiemelkedő. Nem meglepő ezért, hogy a Balatonnal foglalkozó irodalmi anyagok akár könyvtárakat megtöltő mennyiségben állnak rendelkezésre. A bőséges anyagból klasszikus irodalomként Virág Árpád 1996-os munkája kiemelhető, ami a maga 900 oldalas terjedelmével kimerítően foglalkozik – korának szintjén – a Balaton múltjával, jelenével és jövőjével. A Balaton szinte a Dunántúl közepén fekszik, a Balaton-felvidék (észak), a Zalai- és Somogyi dombság (nyugat és dél), és a Mezőföld (kelet) határolta mélyedésben, Bf104 m tengerszint feletti magasságban. Vízgyűjtő területe mintegy 5 180 km<sup>2</sup>. A tó elnyújtott alakú, hosszúsága 77 km, szélessége 1,3–14 km között változik, átlagosan mintegy 7,8 km. Felülete 594 km<sup>2</sup>, átlagmélysége 3-3,5 m, legnagyobb mélysége Tihany közelében van, mintegy 12 m. A medrében található víztömeg közepes vízállás esetén mintegy 1,8 km<sup>3</sup>, és – a sekély tavakra jellemző módon – víztömegéhez mérten meglehetősen hosszan érintkezik a szárazfölddel, mert partjának hossza mintegy 195 km.

A földtörténeti középkorban, a mezozoikumban lerakódott üledékes kőzeteken jött létre. Az üledék anyagát az Alpokból a Kárpát-medencébe szállított hordalékanyag adja. A Balaton kialakulása mintegy 15 000 évvel ezelőtt kezdődött. Az ekkor uralkodó jégkorszaknak ebben a szakaszában a térségben száraz éghajlat volt, és minden bizonnyal az uralkodó szélirány mentén kezdődtek a tó későbbi medréül szolgáló mélyedések kialakulni. Bizonyított tény, hogy a jelenlegi meder kialakulásában jelentős szerep jutott a szél eróziós hatásának, de létrejöttében szerepet kaptak olyan tektonikai mozgások is, amik a jelenlegi meder enyhe megsüllyedését eredményezték. Amikor az éghajlat nedvesebbre fordult, először a mai Keszthely térségében található mélyedésekben gyűltek össze vizek, amelyek előbb kisebb állóvizeké váltak, majd azok összekapcsolódásával fokozatosan alakult ki az a meder, ami főbb körvonalaiban ma is a Balaton medrének tekinthető. Bizonyíthatóan mintegy 5000 évvel ezelőtt a tó már lényegében elfoglalta a jelenlegi medrét, sőt víz borította, a mai Kis-Balaton területét, a tapolcai-medencét, a déli oldalon található berkeket, s akkor a Tihanyi-félsziget még sziget volt (42. ábra).



42. ábra: Az ősi Balaton térképe (Kovács Ádám nyomán)

Az így kialakult víztömegnek a Sió völgyén keresztül időnként természetes lefolyása is volt, de más időszakokban a hullámzás által létrehozott turzások (dűnék) elzárták ezt a természetes lefolyást. A Siót elzáró dűnéket mesterségesen először a rómaiak korában törték át. A tó mai vízszintjét alapvetően a 19. század derekán, a déli parton haladó Déli Vasút építésekor végrehajtott jelentős vízszintcsökkentés határozza meg. A vízszintet jelenleg az 1976-ban elkészült siófoki zsiliprendszer révén mesterségesen szabályozzák a tengerszint feletti Bf104 méteres szint körül. Fő táplálója a Zala folyó, de rajta kívül mintegy 30 kisebb vízfolyás is folyik bele (lásd fentebb). A Balaton medrét a befolyó vizek által szállított és a szél révén behordott hordalék folyamatosan tölti. A felhalmozódott üledékréteg a meder alján jelenleg helyenként a 6-10 méteres vastagságot is eléri. A Balaton esetében is érvényes az állóvizek körében általános szabály, hogy ha semmiféle geológiai, vagy emberi eredetű változás nem avatkozik be ebbe a természetes folyamatba, akkor a tó néhány ezer év alatt teljesen fel is tölthető.

A Balaton vízszintjének szabályozásában a Siófoki zsilip passzív szerepet játszik, ugyanis csak a többlet víz levezetésében van szerepe. A mederben található vízmennyiség alakulása alapvetően a befolyók által szállított vízmennyiség és a párolgási veszteség különbségének függvénye. Ősszel és télen a csapadékosabb időjárás következtében rendszerint emelkedik a vízszint, míg nyaranta az intenzív párolgás következtében csökken. Ha az őszi-téli csapadékmennyiség sok, a többletet levezeti a Siófoki zsilip. Ha kevesebb, már hiány mutatkozhat a mederben. Az utóbbi időben többször előfordult, hogy csapadékhányos telet és tavaszt követően nyáron jelentős mértékben lecsökkent a tó vízszintje. Ilyenkor rendszeresen felmerül a Balaton vízutánpótlásának igénye, valamilyen – a Balaton vízgyűjtő területén kívüli – forrásból, amit sokszor ökológiai vízpótlásként próbálnak indokolni. Ökológiai szempontból erre az igényre azt kell mondani, hogy semmiképpen sem támogatható. Ennek oka, az ökológiai vízigény minőségi oldalából fakad. Még ha lehetőség is lenne valamilyen más, közeli vízgyűjtőről a Balatonba vizet kormányozni, az csak a mennyiségi vízhiányt oldaná meg, de komolyan felvetődne annak a veszélye, hogy alapvetően átalakítaná a Balaton jelenlegi ökológiai rendszerét. A Balatont tápláló Zala folyó átlagos sótartalma 610 mg/l, magáé a Balatoné pedig mintegy 580 mg/l, szemben a Rába átlagosan 300 mg/l-es, ill. a Duna átlagosan mintegy 380 mg/l-es sótartalmával. A Balaton vízgyűjtőjében tehát sokkal magasabb sótartalmú vizek áramlanak, ill. magasabb sótartalmú víz halmozódik fel a Balatonban, mint a környező vízgyűjtőkben. Az ionösszetételt vizsgálva is eltérést találunk. A Zala folyó, és a Balaton vize ugyanis víztípusát tekintve kalcium és magnézium kationokat és hidrogén-karbonát, ill. szulfát anionokat tartalmaz ( $\text{Ca}^{++}$  -  $\text{Mg}^{++}$  -  $\text{HCO}_3^-$  -  $\text{SO}_4^{--}$ ). A Rábában és a Dunában azonban kalcium–hidrogén-karbonátos ( $\text{Ca}^{++}$  -  $\text{HCO}_3^-$ ) víz áramlik (Bíró 1984). Ha tehát a Balatonba a környező vízgyűjtőkről vezetnék vizet, akkor azok egyrészt felhígítanák a jelenlegi sótartalmat, másrészt megváltoztatnák a mai jellemző só-összetételt, ami alapvetően átalakítaná a víz kémiai jellegét, megváltoztatva azt a feltételrendszert, amihez a Balatonban jelenleg megtalálható élőlények alkalmazkodtak.

A Balaton elhelyezkedéséből adódóan alapvetően olyan mérsékelt kontinentális éghajlati körülmények között létezik, amit módosítanak kissé az óceáni és mediterrán hatások. Évente átlagosan 2000 óra napsütéssel lehet a területén számolni, és az év legnaposabb hónapja a június. A legmelegebb hónapok az évben a június, július és augusztus, legkevesebb csapadék pedig augusztusban és szeptemberben hullik. Mint minden nagytömegű víz, a közvetlen környezetére kiegyenlítő mikroklimatikus hatással van. Nyári időszakban a tó körül kisebb a forráság, enyhébb a levegő hőmérséklete a környező területekénél, ősszel és télen viszont melegebb, tavasszal pedig – a víz lassabb felmelegedése miatt – hűvösebb, mint a tótól távolabbi részeken. A vízparton a nappali és az éjszakai hőmérséklet közötti különbség is sokkal kiegyenlítettebb, mint attól távolabb.

A tó nagy felületű, sekély vizét a nap könnyen átmelegíti, ezért a víz nyári maximális hőmérséklete akár a 28-29 °C-ot is elérheti. Az időjárási jelentésekben szereplő „hivatalos” víz hőmérsékleti értékeket Siófoknál, egy méter mélységben mérik, aminek tulajdonképpen csak érintőlegesen van köze, a valóságos víz hőmérsékletekhez. A Balaton vize ugyanis egyenetlenül melegszik, mert a felmelegedése sokkal gyorsabb a sekélyebb déli parton, mint a mélyebb északi oldalon. Csendes, szélmentes időben a felszíni és a mélyebb rétegek között több fokos különbségek is kialakulhatnak úgy, hogy a felszíni víz hőmérsékletek sokkal magasabbak. A nagyobb viharok különösen, de már közepes erősségű szelek is képesek arra, hogy a kialakult, labilis rétegződést megszüntetve, kiegyenlítsék a víz hőmérsékleti értékeket. Megfelelően hideg teleken, a Balaton a rendszerint befagy. Ha a befagyás csendes időben kezdődik, akkor a kialakul jég felszíne sima lesz. Szelek időben a jégfelszín töredezett, egyenetlen. A jég, szigetelő sajátossága következtében még a leghidegebb teleken sem alakul ki 20–30 cm-nél vastagabb jégpáncél. A nagy felületű, de ehhez képest vékony jég különös jelenségeket képes produkálni. Ha a jégtakaró kialakulása után enyhülés következik, a jég felszínén gyors képződéssel, hosszú hasadások – rianások – jelennek meg, jellegzetes és erős hangjelenségekkel kísérve, amik a melegedés hatására összehúzódó jég miatt jönnek létre. Abban az esetben, ha a kialakult jégborítás után hidegebb napok következnek, akkor a jég vastagságának növekedése mellett, a fokozódó hideg hatására a jégtakaró kitágul, összetöredezik, és az összetört jéglapok részben egymásra torlódnak, részben a partokra kitolódnak, és ott halmozódnak, ill. töredeznek tovább.

A Balaton víztere több medencére tagolódik (43. ábra).

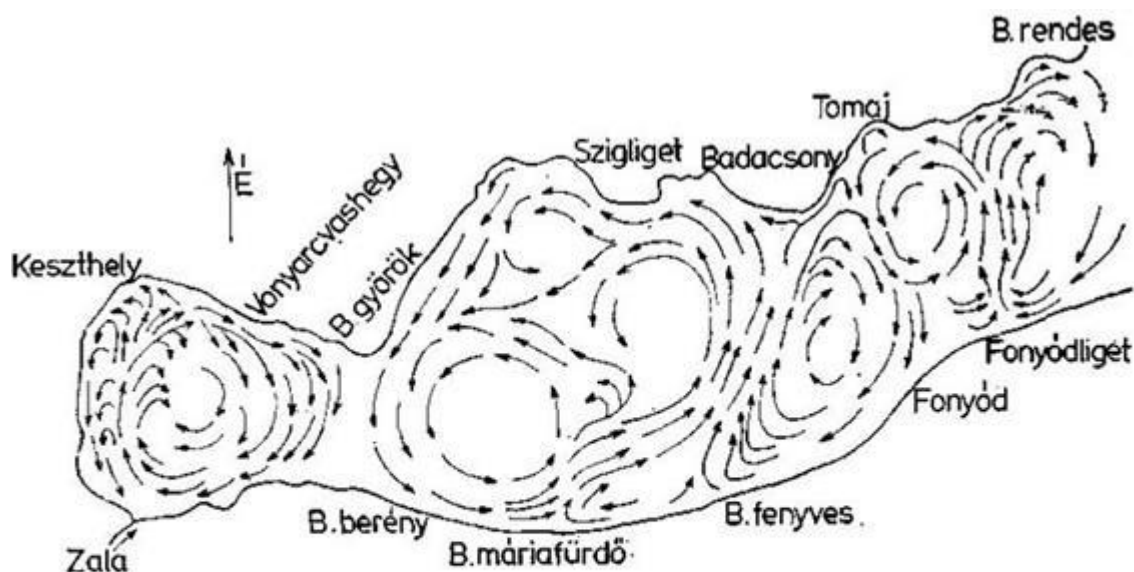


43. ábra: A Balaton műholdképe 2005. július 29-én (NASA Landsat 7)

Nyugatról Kelet felé haladva az figyelhető meg, hogy a medencék nagysága következetesen növekszik, miközben a tóba érkező befolyó vizek részesedése az összes befolyó vízből az egyes medencékben csökken. A Keszthelyi-medence, százalékos részesedése a Balaton teljes felületéből csupán 6,4%, de a tóba befolyó vizek 64%-a, ebbe a medencébe érkezik. A Szigligeti-medence felületi részesedése 24,4%, és itt a hozzáfolyás aránya 26,5%. Ennél nagyobb méretű a Balatonszemesi-medence, aminek részesedése a teljes felületből 31,1%, de a hozzáfolyás aránya már csak 7,5%. A Balaton legnagyobb medencéje a Siófoki-medence –38,1%-os részesedéssel a teljes felületből – de itt található a hozzáfolyás legkisebb aránya, ami mindössze 2,0%.

A tóban lévő víztömegek meglehetősen bonyolult, és változó áramlási pályákon mozoghatnak. Az áramlások fő mozgató ereje a szél, aminek következtében – az uralkodó északnyugati szélnek megfelelően – az áramlások fő iránya a felszínen az északi partról a déli felé mutat, míg a tó mélyén a víz az ellenkező irányba áramlik vissza. Hatással van az áramlások irányára a Coriolis-féle erő is, ami az északi féltekén az állóvizekben haladó áramlási pályákat, az elvárható iránytól jobbra téríti el. Az egyes medencék alakja, valamint a befolyó vizek hatása is számottevő. Befolyásolja az áramlásokat az egyes medencék között – szintén főleg szélnyomás hatására – ideiglenesen kialakuló vízszint különbségek létrejötte is. A tóban lehetségesen kialakuló áramlások bonyolult szerkezetét érzékelteti a 44. ábra, ami Felföldy Lajos ma már klasszikusnak nevezhető könyvében jelent meg. A kialakuló bonyolult áramlási rendszerek hatással vannak arra az időre is, amit a tóba bejutó víztömegek ott eltölthetnek. Vannak olyan számítások is, amik szerint a tóba érkező víztömeg leggyorsabban mintegy 2,2 év alatt távozzhat, de a víz tartózkodási ideje az egyes medencékben meglehetősen eltérő lehet. A Keszthelyi-medencében az átlagos tartózkodási idő 15 hónap, a Szigligeti-medencében 4 év, a Balatonszemesi-medencében 6 év, míg a Siófoki-medencében 9 év.





9. ÁBRA. Áramlások a Balaton DNy-i medencéjében északias irányú vihar hatására. A völgyekbe érkező szél irányával egyező áramlást kelt, a feltorlódtott víz a hegyek szélárnyékának megfelelő sávokban (Zala-torok, B.-máriafürdő, B.-fenyves és Fonyódliget előtt) visszaáramlik  
(kismintakísérlet, Györke, 1974, kézirat)

44. ábra: Áramlási helyzetkép a Balaton Dél-nyugati medencéiben (Felföldy 1981 nyomán)

Az áramlások mellett, amik un. aperiódikus vízmozgásoknak tekinthetők, mert következtükben a víztömegek haladó mozgást végeznek, a Balatonban nagyon fontosak és speciálisak a periódikus vízmozgások – tölengés és hullámozás – is. Létrejöttükben szintén a szél játszik döntő szerepet. A tóra hosszanti irányban fújó tartós szél, jelentős változásokat idézhet elő a Balaton különböző medencéinek vízszintjében. A tartós délnyugati szél a víztömeget északkelet felé tolja el, de tartós északi szél hatására keresztirányú elmozdulás is lehetséges. Ez az alapja egy sajátos vízmozgás, a tölengés (seiche) kialakulásának (45. ábra). A tölengés akkor alakul ki, amikor a tartós szélnyomás megszűnik, s a vízszintestől eltérő víztömeg előbb az ellentétes irányba visszalendül, majd az egész víztömeg egy csillapodó ingamozgásba kezd.

## Periódikus vízmozgások állóvizekben (tőlengés, „seiche”)

A szél hatására kialakuló denivelláció a szélnyomás megszűnése után a gravitációs erő hatására megszűnik, s a víztömeg visszalendül az ellentétes irányba.

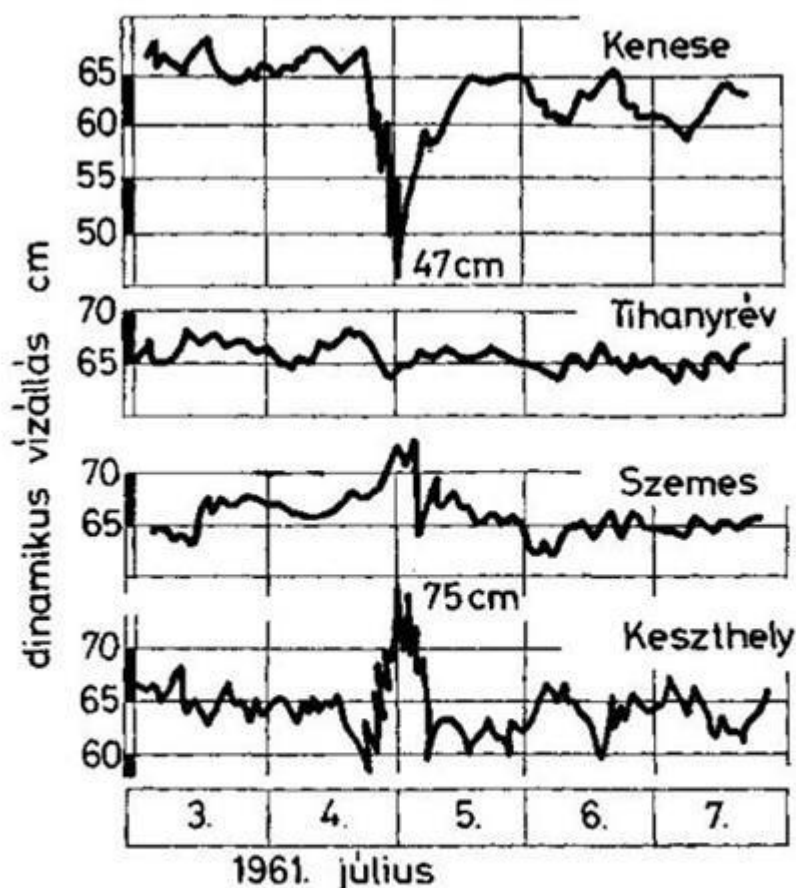
Az állóvíz tömege ingamozgásba kezd, ami lehet egy, vagy két csomópontú.

A seiche tehát egy, vagy két csomópontú ritmikus állóhullám, mely minden állóvízen keletkezik, de csak elég nagy méretű vízterek esetén válik mérhetővé. A tőlengések periódusát, lengésidejét a meder alakja és méretei szabják meg.



45. ábra: A tőlengés (seiche)

A Balaton a benne létrejövő tőlengések szempontjából igen különleges állóvíz. Különböző tavak lengési idejét összehasonlítva ugyanis – Genfi-tó 73 perc, Bodeni-tó 56 perc, Garda-tó 43 perc, Ladoga-tó 5 óra 45 perc – azt tapasztalták, hogy mindegyikük lengési ideje messze alatta marad a Balatonénak, ami 10-12 óra. Ezzel a Balaton – ha szabad így fogalmazni – világcsúcstartó, mert ez a leghosszabb ingamozgási periódus, amit földünkön eddig állóvízben mértek. Ennek oka összetett, mert szerepet játszik benne a meder pozíciója, az uralkodó szélirány, a meder alakja, és a sekélyvízi jelleg. A víz sekélységének fékező erejét tartják a legfőbb oknak e sajátosság kialakulásában, hiszen a Balaton hossza nagyjából megegyezik a Genfi-tóéval, a benne kialakuló seiche lengési ideje mégis 10-12-szer hosszabb a Genfi-tóra jellemzőnél. A tőlengés jelenségének velejárója, hogy kialakul a víztömeg hosszában egy, vagy két olyan terület – attól függően, hogy egy, vagy két csomópontú állóhullámról van-e szó – ahol lényegében nincs vízszintváltozás, ugyanakkor a tó egy pontján vízszintemelkedés, vele egy időben egy másik pontján vízszint csökkenés figyelhető meg (46. ábra).



10. ÁBRA. A hosszanti tölengés tükröződése a dinamikus vízállás változásain (Balaton, 1961. július 4–5.). A kilendülés csomópontja Tihanyrét és Szemes között volt, ezért lendül a két mérce egymással szemben. A vízállásgörbék kisebb egyenetlenségeit keresztlengések okozták (MUSZKALAY, 1973)

46. ábra: Tölengés a Balatonban (Felföldy 1981 nyomán)

Az ábra szerint, a kialakult egy csomópontú ritmikus állóhullám csomópontja Tihanyrét és Balatonszemes között volt, s akkor, amikor Kenese térségében 47 cm-ert csökkent a vízszint, Keszthelynél 75 cm-ert emelkedett.

A tölengés mellett, a Balaton esetében a hullámozás is igen sajátos. A tó sekélyisége következtében különösen nyáron, amikor a magas vízhőmérséklet miatt viszonylag alacsony a víz viszkozitása, szél esetén gyorsan alakulnak ki rajta hullámok. A Balaton-felvidék változatos felszíne az onnan érkező szelekben (a levegő áramlásában) lüktetéseket idéz elő, ami a tavon hirtelen megjelenő hullámozást, illetve hullámmentes időszakokat okoz. A hullámok szokatlanul meredek, amit a viszonylag sekély vízmélység, a meder és a part interferenciája idéz elő. Eddigi legmagasabb hullámként partközelségben 1,82 métert, a meder közepén 1,95 métert mértek. A hullámok hossza 2-12 méter között lehet, és a szél megszűnése után mintegy 2 óra szükséges a hullámok elcsendesedéséhez.

A Balaton vízének állapota rendkívül fontos tudományos, környezetvédelmi és főleg a turizmus révén gazdasági kérdés is, ami a közvéleményt is erősen foglalkoztatja. Ezért a Magyar Tudományos Akadémia Ökológiai Kutatóközpont Balatoni Limnológiai Intézete folyamatosan megkülönböztetett figyelemmel követi a víz minőségének alakulását, amiről rendszeresen jelentéseket is ad ki, április, június, július, augusztus, és szeptember hónapokban. A korábban rendszeresen sok vízminőségi problémával küzdő tó állapota mára jelentősen javult, és pl. a 2011-12-es időszakban a Balatonnak volt a legjobb minőségű vize a hazai fürdőzésre alkalmas helyek közül.

A Balaton élővilágát tekintve ez a jegyzet természetesen nem versenyezhet olyan ismeretanyaggal, mint amit az MTA ÖK Balatoni Limnológiai Intézetének munkatársai, ill. azok elődei az intézet fennállásának több mint 80 éve alatt produkáltak. Általánosságban elmondható, hogy a tó nyílt vizében az algák számára hasznosítható oldott nitrogén- és foszfor-koncentrációk mára meglehetősen alacsonyak, így a korábbi eutrofizációs tendenciák megfordultak és jelenleg bizonyos oligotrofizációs változás tanúi vagyunk. Ennek megfelelően a tó vizének minősége rekreációs szempontból jelentősen javult, s nyaranta rendszeresen megjelenik benne a tiszta vizet indikáló fecskemoszat (*Ceratium hirundinella*). A vízében található autotróf szervezetek jelentős részét az algafajok teszik ki. A hínárfélék között a leggyakoribbak a békaszőlő félék. A nádasok leginkább az északi parton maradtak fenn. Állományalkotó fajaik a nád (*Phragmites australis*), a tavi káka (*Schoenoplectus lacustris*), a zsombéksás (*Carex elata*) és a keskenylevelű gyékény (*Typha angustifolia*). A tó állatvilága rendkívül gazdag, de élőlényei közül főleg azok az ismertebbek, amelyek valamilyen oknál fogva társadalmi érdeklődést is kiváltanak. A Balaton körül lévő csípőszúnyogok többsége nem magában a Balatonban fejlődik, hanem a környezetében található kisméretű, nyugodt állóvizekben. Ennek oka, hogy a csípőszúnyogok lárváinak légköri oxigénre van szüksége, s ehhez úgy jut, hogy a víz felületi feszültséggel rendelkező felszínén alulról függeszkedik – mint a hipopleuszon tagja – és légző csövét kitolja a vízből. Ez csak olyan vizekben kivitelezhető, ahol nincs jelentős hullámozás, s a Balaton nem ilyen típusú víztér. Szintén a figyelem középpontjában vannak rendszerint az árvaszúnyogok is, amik nem csípésükkel, hanem tömeges rajzásukkal okoznak a tó körül tartózkodóknak problémákat. Az árvaszúnyogok lárvái az üledékben fejlődnek, s a vízből való kirepülésükkel nagy szerepük van a tó tápanyagban való szegényítésének folyamatában. A halak korábban a rendszeresen előforduló pusztulásaik révén hívták fel magukra a figyelmet, de ezek a jelenségek – némi tavaszi, természetesnek tekinthető elhullást kivéve – mára már nem jellemzőek. A Balatonban magában eddig csupán 17 halfaj előfordulását lehetett bizonyítani, de a tó vízgyűjtője sokkal gazdagabb e tekintetben, mert ott 37 halfaj előfordulása bizonyított. A Balaton élővilágáról a legutóbbi időkben kiváló munkák jelentek meg (Bíró, 2011; Vörös, 2011). Ezekben a munkákban a Balaton rövid földtani, hidrológiai és limnogeológiai bemutatása után, részletes adatokat találunk a Balaton-víz, az algák, a makrofiták, a zooplankton szervezetek, az üledéklakó szervezetek, a parti öv állatvilága és a halak Balatonban betöltött szerepéről és kutatásuk legfontosabb aktuális sajátosságairól. A halfauna kutatása terén az utóbbi időkben különösen sok publikáció jelent meg. Pintér (1989) és Harka-Sallai (2004) hazai halfajokat bemutató munkái mellett, a halpopulációk vizsgálati módszereit tekinti át nagy alaposítással Bíró (2011) munkájában, a Balaton aktuális halállományának összetételéről, életkörülményeiről, és korszerű hasznosításuk feltételeiről pedig Speciár (2010) jelentetett meg kiváló összeállítást. A Balaton részletes ökológiai jellegű kutatásairól, élőlényeivel foglalkozó aktuális publikációk ismeretanyagáról az MTA ÖK Balatoni Limnológiai Intézetének honlapján (<http://okologia.mta.hu>) találunk szinte napra kész, aktuális információkat.

## 1. Tesztfeladatok .



## 13. fejezet - A Tisza-tó

Az 1961. évi II. törvény rendelkezett arról, hogy a Tisza 404 fkm szelvényében, egy jobb parti átvágással, Kisköre község határában épült meg a Kiskörei vízerőmű, amihez jelentős felszínű duzzasztott Tisza-szakasz társult. Tervek 1964-re készültek el, a duzzasztómű építése 1968-ban megkezdődött és a vízlépcsőt 1973-ban helyezték üzembe. A vízlépcső duzzasztása után kialakult vízfelületet korábban Kiskörei tározónak, vagy Kiskörei víztározónak nevezték, majd – főleg turisztikai érvek alapján – a Tisza-tó kifejezés terjedt el. Az elnevezés annyiban jogos, hogy a sekély tavakat elérő méretei következtében hivatalos víztérpolitikai besorolása az így létesített víztérnek: sekély tó típusú időszakos tározó. Területe a nyári duzzasztási szintnél a 127 km<sup>2</sup>, hossza 27 km, átlagos mélysége 1,3 méter, mélysége a legmélyebb pontján 17 méter. A tározótérből kb. 23 km<sup>2</sup> a sziget, kb. 42 km<sup>2</sup> a vízínövényzettel benőtt terület és kb. 62 km<sup>2</sup> a nyíltvíz (47. ábra).



47. ábra: A Tisza-tó szerkezete (<http://tiszatohorgasz.gportal.hu>)

Mind szerkezete, mind működése több szempontból sajátos. Miután síkvidéki tározóról van szó, a duzzasztómű nem völgyet zár el, csupán eltorlaszolja a Tisza útját, s a zárás fölött (felvíz) a mederben feltorlódnak a víztömegek medencékbe kormányozzák ki. Így olyan sajátos szerkezetet alakítottak ki, hogy a Tisza tulajdonképpen egy duzzasztott mederben hosszában átfolyik a tározón. A jobb parton kialakításra került négy – Tiszavalki-, Poroszlói-, Sarudi- – míg a bal parton egy – Abádszalóki- – medence. Időszakossága úgy értendő, hogy őszi időszakban a duzzasztómű elengedi a víztömeg jelentős részét és ún. téli vízszintet állítanak be a tározóban, ami 620-560 cm között váltakozik. Erre elsősorban két okból van szükség. Az egyik, hogy télen, a sekély vízen kialakuló jégtömeg a hidegben bekövetkező tágulása miatt ne rombolhassa a partokat. A Tisza-tó partjának jelentős része ugyanis nem természetes alakzat, hanem annál sokkal sérülékenyebb, épített gátrendszer. A másik ok, hogy a tározótér leürítése helyet biztosít a tavasszal hirtelen megjelenő áradás jelentős víztömegének, csökkentve ezzel a Közép-Tisza árvízi kockázatát. Tavasszal feltöltik a tározóteret, és kialakítanak egy nyári duzzasztási vízszintet, aminek Kisköre felső vízmércén mért magassága 725+- 5 cm. A nyári és a téli duzzasztási szint beállítása nem csupán a tározót kezelő Közép-Tisza-vidéki Vízügyi Igazgatóság belügye, hanem egy több szereplős egyeztetés eredménye. A vízszintek meghatározásához ugyanis össze kell hangolni több mint 60 érdekképviselő igényeit. Ezeket a tárgyalásokon részt szoktak venni a Tisza-tavi Önkormányzatok, a szabadvízi strandok, csónakkikötők és egyéb bérlemények üzemeltetői, a Hortobágyi Nemzeti Park, a Közép-Tisza Vidéki Környezetvédelmi Természetvédelmi és Vízügyi Felügyelőség, a Tisza-tavi Sporthorgász Kft, a TISZAVÍZ Vízerőmű Kft, a Tisza-tó Térségi Fejlesztési Tanács, Magyar Turizmus Zrt. Tisza-tavi Regionális Turisztikai Marketing Igazgatósága, a FAUNA Zrt., a Tiszai Vízügyi Rendőrkapitányság és a Tisza-tavi Horgászegyesületek Szövetsége képviselői.

Létrehozásának eredeti indoka, az Alföld öntözőrendszerének, öntöző kapacitásának fejlesztése volt. Az Abádszalóki-medencéből indul a Nagykunsági-, ugyanebben a térségben, de közvetlenül a Tisza medréből pedig a Jászsági főcsatorna. A két főcsatorna lehetővé tette az addig rendszeresen aszály sújtotta területek öntözését, de tavaszi időszakban jelentős szerepet kapnak, a belvízvédelemben is.

A Tisza-tó hasznosítását az eredeti tervek szerint az ún. komplex hasznosítás elvei szerint tervezték. Ennek lényege, hogy egy létesítmény, vagy természeti rendszer egyszerre többféle igényt szolgál ki. A Tisza-tavon például a már említett árvízvédelmi, belvízvédelmi és öntözésfejlesztési funkció mellett, fontos szerepet szántak

az energiatermelési, hajózási, halászati, horgászati, turisztikai, ökoturisztikai, rekreációs, vízminőségvédelmi, és természetvédelmi célú hasznosításnak is.

A létesítmény elkészülte és üzembe helyezése után azonban bebizonyosodott, hogy ez az elv nem tartható fenn, mert sok különböző szempontú igénynek sokszor teljességgel ellentétes az érdeke. Ilyen megfontolások alapján előtérbe került egy másik hasznosítási forma, az ún. integrált hasznosítás elve. Ennek lényege, hogy a tervezett hasznosítási módok között egy prioritási sorrendet jelölnek ki, és a hasznosítás úgy történik, hogy először a prioritási sor elején lévő szempont igényeit elégítik ki, majd ha lehetséges, akkor a sorban utána lévő szempont érdekeit veszik figyelembe, és így tovább. Ha kellően nagy területről van szó – mint például a Tisza-tó esetében – akkor lehetséges az is, hogy különböző területeken, különböző prioritási sorrendet lehet felállítani.

A Tisza-tó esetében bármennyire is fontosak az ökológiai szempontok, általánosságban azt lehet mondani, hogy a teljes területre érvényes az árvízvédelem prioritása, mert emberek, állatok életbiztonsága nyilvánvalóan mindennél előbbre való. A belvízvédelem ehhez kapcsolódó dolog ugyan, de itt bizonyos alternatívák már megjelennek. A Tisza-tavat körbe vevő övcsatorna részben a környék belvizének befogadója, részben a tározótérből kiszivárgó víz összegyűjtésére szolgál. A benne lévő vizet innen lehet a tározótérbe vissza szivattyúzni, de ennek mindig összhangban kell lennie a tározó aktuális teherbíró képességével. Az öntözési célú vízhasználat az utóbbi időben jelentősen csökkent, miután ezért a tevékenységért vízhasználati díjat kell fizetni, ami jelenleg egyre kevesebb felhasználó számára alternatíva.

Az energiatermelési célú hasznosítást tekintve elmondható, hogy vízlépcső három egybeépített főműtárgyból áll. Az egyik a duzzasztómű, a másik a hajószilip, a harmadik maga a vízerőmű (23. kép).



23. kép: A Kiskörei vízlépcső elemei (KÖTIKÖVIZIG)

A vízerőműben négy vízszintes tengelyű csőturbina van elhelyezve, aminek működése 2-11 m közötti vízlépcső esetén biztosított. Ez azt jelenti, hogy abban az esetben, ha a Tiszán nyári időszakban kisvízes állapotok uralkodnak, és duzzasztással sem lehet fenntartani a legalább kettő méteres vízlépcsőt, azaz a duzzasztott oldal (felvíz) és a duzzasztógát mögötti oldal (alvív) közötti különbség kisebb kettő méternél, a víznek már nincs akkora energiája, hogy megforgassa a turbinákat. Árvíz esetén pedig, amikor bőségesen lenne vízenergia, ha a felvív és az alvív közötti különbség meghaladja a 11 métert, a turbinákat biztonsági okokból le kell állítani, megakadályozandó azok túlpörgését. A Kiskörei vízerőmű teljesítménye hazánk évi energiaszükségletének csupán 0.3%-át tudja biztosítani, ami körülbelül egy Szolnok méretű város egy évi villamos energia szükségletének kielégítésére alkalmas. Az energiatermelés szempontjából az lenne az ideális, ha mindig a lehetséges legnagyobb vízlépcső közelében lenne a vízállás. Ezt a szempontot azonban fel kell adni mind

túlságosan kisvíz, mind árvíz esetén. Kisvíz esetén biztosítani kell a meder vízellátottságát az alsó szakaszokon, árvíz esetében pedig az árvízi kockázat prioritása alá kell rendelni ezt a szempontot.

Hajózási szempontból a tározón átfolyó Tisza nemzeti vízi út, ahol a vízi közlekedés szabályi érvényesek. A duzzasztógáton való átjutást egy zsilip segíti. A tározótérben igen változatos szabályozási formákkal találkozunk. Vannak kijelölt vízi utak, ahol kishajóval, vagy belső égésű motor által hajtott motorcsónakkal is lehet közlekedni. Ez a szabályozás a kijelölt vízi utak kivételével a tározótér nyíltvízi területén is érvényes (24. kép).



24. kép: A tározótér nyílt vize (a szerző saját felvétele)

A tározótérnek vannak olyan területei is, ahol csak elektromos meghajtású csónakkal való közlekedés megengedett (25. kép).





25. kép: A tározótér Tüdérfátyollal (*Nymphaoides peltata*) és Sulyommal (*Trapa natans*) borított területe (a szerző saját felvétele)

A következő lépcsőfok, amikor csak kézi hajtású vízi járművel (kenu, csónak) lehet közlekedni, s vannak olyan természetvédelmi szempontból különösen értékes területek, ahol semmilyen vízi járművel való közlekedés nem megengedett.

Szervezett halászat nem folyik a területen. A horgászati hasznosítás jogát korábban a Magyar Országos Horgász Szövetség (MOHOSZ) gyakorolta, de 2010-től ez a jog a Tisza-tavi Sporthorgász, Halászati, Természetvédelmi és Környezetvédelmi Közhasznú Nonprofit Kft.-t illeti, aki a természetes vízi halgazdálkodás elemeit az ökológiai szempontok messzemenő figyelembevételével gyakorolja.

A rekreációs célú hasznosítás elsősorban az Abádszalóki-medence prioritása, s itt a turisztikai hasznosításnak a természetvédelmi szempontokat nem hangsúlyozottan figyelembe vevő változatainak is helye van. Észak felé haladva azonban előbb az ökoturisztikai, majd a természetvédelmi hasznosítás prioritása kap főszerepet.

A Tisza-tó vízének minősége alapvetően a Tiszától függ, ugyanakkor az üzemeltetés rendje lehetővé teszi, hogy a kedvezőtlen hatásoktól meg lehessen óvni a tározótér. Ennek szinte minden évben akár többször is elvégzett rutinjához tartozik, hogy áradásokkor a nagy mennyiségű hordalékot szállító víztömegek elől zsilipekkel lezárják a Tisza-tó öblítőcsatornáit, s ezzel megakadályozzák, hogy a hordalékanyag a lelassuló vízben kiüledjen, s ez a tározótér gyors feltöltéséhez vezethessen. A rutinszerűen alkalmazott módszer kivételes esetekben is jól működött, például a 2000. évi cianid-szennyezés és nehézfém-mérgezés esetében sikerült szinte teljes mértékben kizárni a szennyezett víztömegeket a tározótérből. A vízminőség alakításában fontos szerepet játszik még ezen túl az Eger-patak – más néven Laskó-patak – is. A Tiszavalki-medencébe torkolló vízfolyás a vízgyűjtő területéről összegyűjtött vizek mellett, a terület fontos belvízlevezetője is. Ennek következtében jelentős mennyiségű hordalékkal és oldott tápanyaggal terheli a Tisza-tavat. Ennek köszönhető, hogy a bentonikus eutrofizáció éppen a Tiszavalki-medencében a legelőrehaladottabb.

A Tisza-tó rendkívül mozaikos szerkezetű, a vízzel borított területek mellett találhatók medrében szigetek, de uszadékból időszakosan kialakuló úszó szigetek is, amik vízszintváltozásokkor rendszeresen változtathatják a helyüket, esetleg nagyobb viharok hatására ismét szét is bomolhatnak. A vízzel borított részek parti területein



kiterjedt mocsárinövény állományok találhatók, s a nyíltvizes területek is váltakoznak gyökerező és lebegő hínárállományokkal (26. kép)



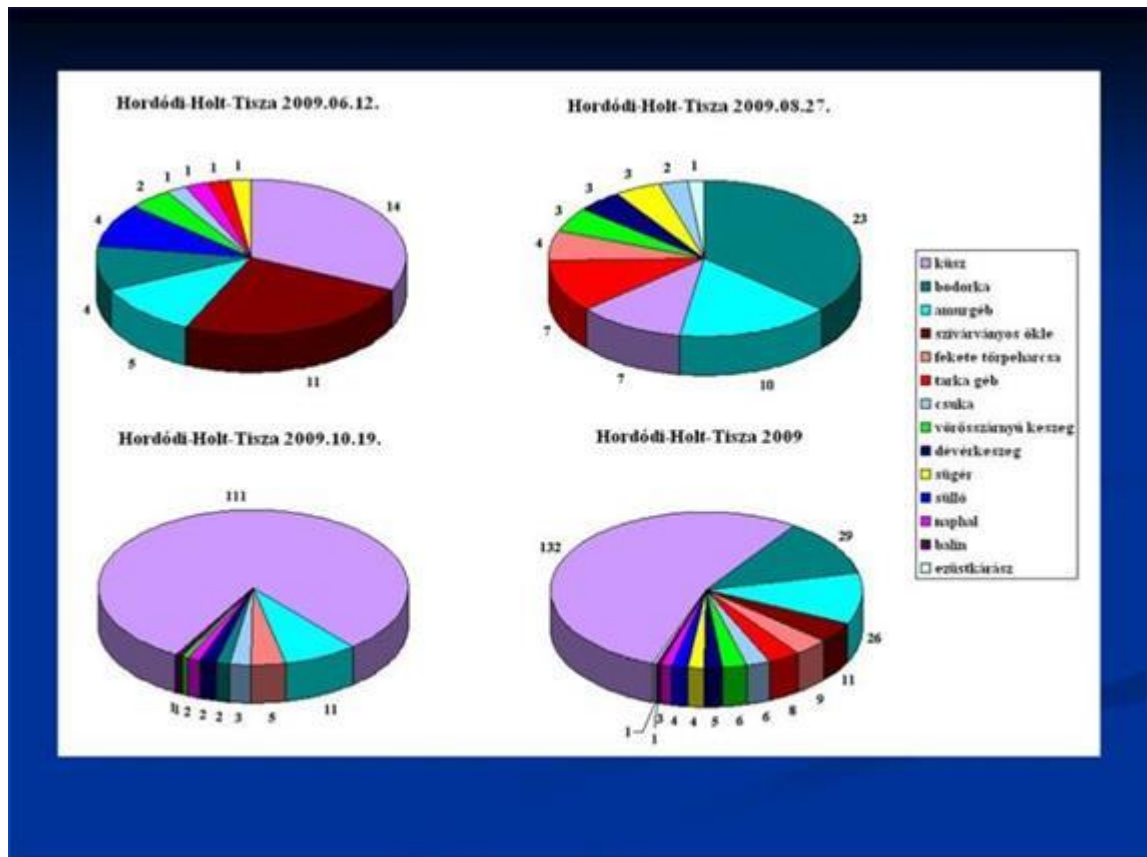
26. kép: A Tisza-tó változatos habitusképe (a szerző felvétele)

A Tisza-tó természetvédelmi szempontból legértékesebb területei döntő részben a Tiszavalki-medencében találhatók. Itt az eddig leírt változatosságot még fokozza, hogy ebben a medencében négy jelentősebb – még a tározó megépítése előtt keletkezett – régi elhagyott Tisza-meder, holtmeder található. Ezek közül a Háromágú és a Hordódi-Holt-Tisza fokozottan védett, oda a belépés is csak természetvédelmi őr jelenlétében lehetséges. A Nagy-morotvában és a Szartosban ökoturisztikai és korlátozott horgászati hasznosítás is lehetséges. Ezek a vízterek éppen természetvédelmi értékességük következtében számos tudományos kutatás színterei (48. ábra).



48. ábra: A holtmedrekben halfaunisztikai felmérésre kijelölt mintavételi helyek (Antal László nyomán)

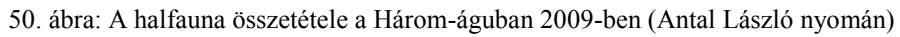
A halfauna összetételének meghatározására irányuló vizsgálatok a 2009-es évben a Hordódi-Holt-Tiszában és a Három-ágúban természetvédelmi szempontból nem túlságosan biztató eredményt hoztak (49. és 50. ábra).



49. ábra: A halfauna összetétele a Hordódi-Holt-Tiszában, 2009-ben (Antal László nyomán)

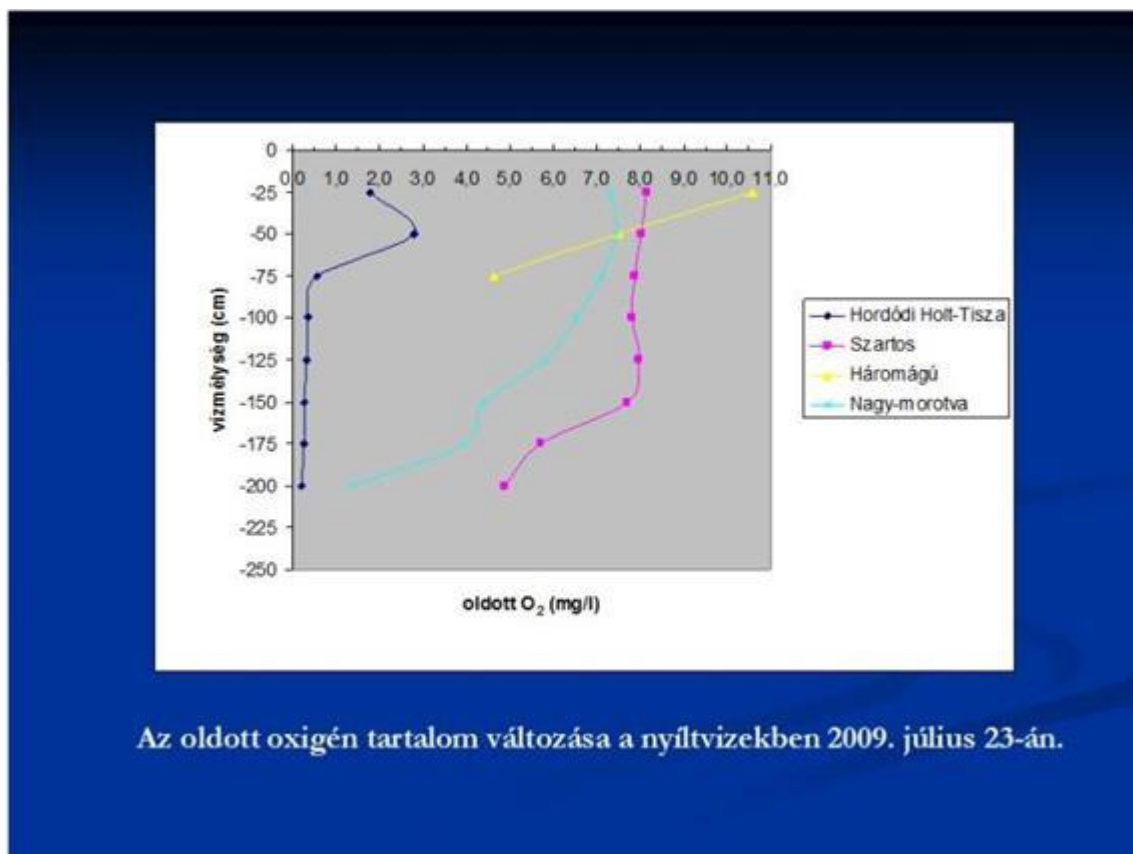
A Hordódi-Holt-Tiszában legnagyobb tömegben a küsz volt megtalálható, ezt követte a bodorka és az igen erőteljesen invazív amurgéb.

A Három-águ esetében még előnytelenebb a kép, mert itt legtöbbször legnagyobb tömegben az amurgéb fordult elő, ezt követte tömegességben a bodorka, majd a küsz.



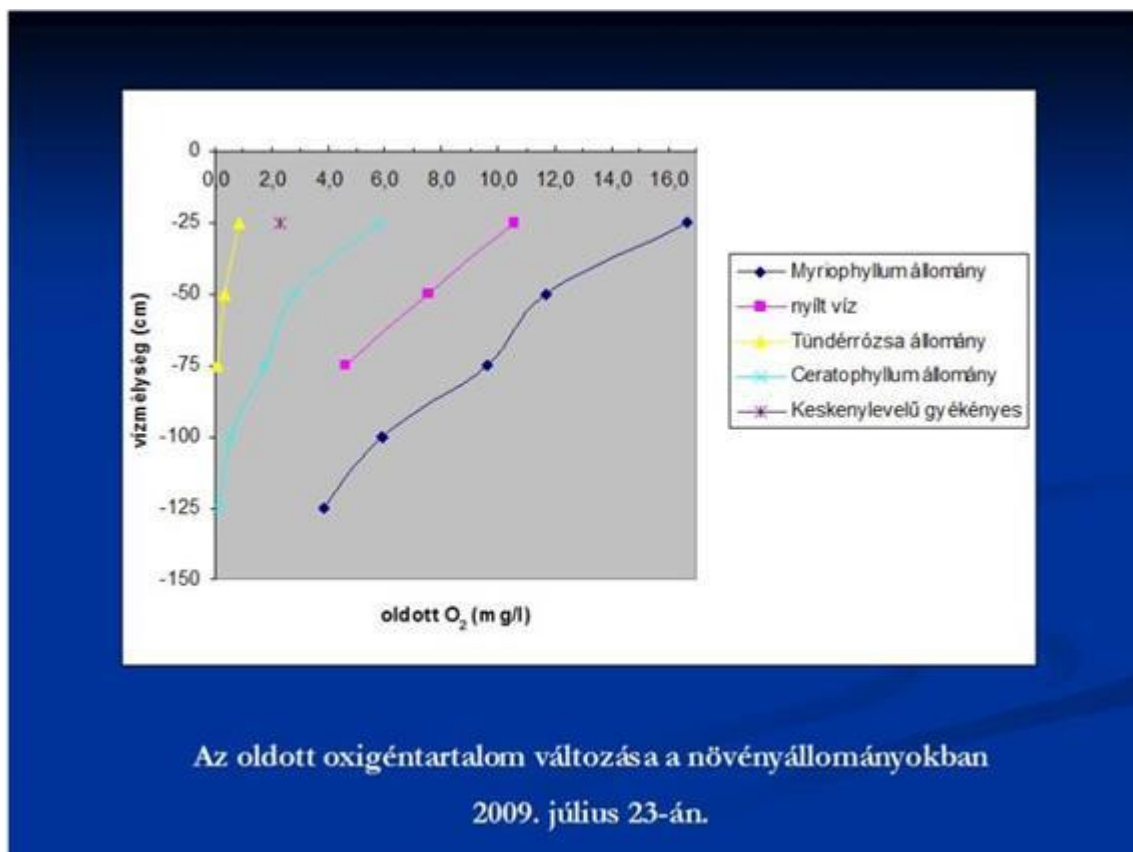
109  
Created by XMLmind XSL-FO Converter.





51. ábra: Változatosság a holtmedrek között

Az 51. ábrán a korábban már említett négy holtmeder oldott oxigén tartalmában bekövetkező változásait látjuk, a nyíltvizekben mérve. A mélység függvényében ábrázolt oxigéntartalom változások összhangban vannak, a holtmedrek tározóban elfoglalt helyével. A legjobb oxigén ellátottsággal, a tározótér nyílt vizével közvetlen kapcsolatot tartó Szartos bír. Hasonló lefutású oxigéngörbékét látunk – kissé alacsonyabb szinten – a tározótér nyílt vizétől kissé távolabb elhelyezkedő Nagy-morotva esetében. Sokkal kedvezőtlenebb oxigénellátottság jellemzi a Három-ágút, ahol a felszínen nagyon magas – 10,5 mg/l – oxigéntartalmat lehetett mérni, ami azonban a vízmélység növekedésével rendkívül meredeken csökken. A Hordódi-Holt-Tiszában végig igen alacsony oxigéntartalmakat lehetett regisztrálni. Érdekes megfigyelni, hogy éppen a természetvédelmi szempontból értékesebbnek tartott két holtmeder esetében találtuk a kedvezőtlenebb oxigén ellátottságot. Ez nyilvánvalóan nem a védettséggel függ össze, hanem a vízterek elzártságának a következménye.



52. ábra: Változatosság a növényállományok borítottsága alapján

Ha a különböző borítottságok szerint elemezzük a helyzetet, a legmagasabb oxigéntartalmat a Süllőhínár (*Myriophyllum*) állományban találjuk, ahol azonban a csökkenés a mélység függvényében igen erőteljes. Az oldott oxigéntartalom napszakos változásainak törvényszerűsége alapján a felszíni 16 mg/l feletti oldott oxigéntartalom arra utal, hogy a hajnali órákban itt már akár oxigénhiányos állapotok is kialakulhatnak. A legkiegyensúlyozottabb oxigénellátottsággal a nyíltvízben találkozunk, hiszen itt a hullámzás következtében a levegővel való diffúziós kapcsolatnak nagyobb a jelentősége. Ezt követte a tócsagazzal (*Ceratophyllum*), és a gyékénnyel (*Typha*) borított vízfelület. A legrosszabb oxigénellátottság a tündérrózsa (*Nimphaea*) állományban alakult ki. A Tisza-tó természetvédelmi, ökológiai értékei ma már jóval számottevőbbek, mint azt a létesítése során tervezték, vagy gondolták. Ugyanakkor az oldott oxigéntartalom mérések eredményei ismételtén alátámasztják a helyes ökológiai szemlélet minden szinten történő érvényesítésének szükségességét. Látjuk ugyanis, hogy abszolút értelemben vett – minden élőlény számára egyaránt jó – ökológiai állapot nem létezik. A Három-ágú és a Hordódi-Holt-Tisza az ott költő, vagy csak átvonuló madarak számára valóban ideális élőhely, de az aerób vízi élet ezekben a vizekben meglehetősen mostoha oxigénviszonyok között tud csak fennmaradni.

## 1. Tesztfeladatok .

# 14. fejezet - További jelentősebb állóvizek

Hazánk rendkívül változatos állóvízi víztípusai között van néhány olyan, amit valamely okból érdemes kiemelni és részletesebben tárgyalni. Nem csupán országos jelentőségűek, hanem jellegzetességeiből adódóan nemzetközi érdeklődésre is számot tartanak a holtágak, holtmedrek, és morotvák. A korábban részletesen tárgyalt Balaton mellett, szükséges említést tennünk, a Velencei- és a Fertő-tóról, valamint a Kis-balatonról is. Az anyaggödrök közül kiemelendők a kubikgödrök, a bányatavak és figyelemre méltók a halastavakat is.

## 1. Holtágak, holtmedrek, morotvák

A folyók és folyamok élettáját potamál-nak nevezzük s a folyók a legritkább esetben áramlanak egyenes vonalú mederben. Az egyik sajátosságuk, hogy két vagy több ágra szakadhatnak. Ez megtörténhet úgy, hogy futásuk mentén olyan keményebb kőzetanyag(ok)ba ütköznek, amit elmosni nem tudnak, ezért az áramló víz ezeket a keményebb összleteket két oldalról kikerüli. A több ágra való szakadás megtörténhet úgy is, hogy a mederben szállított hordalékanyag egy lassúbb áramlású szakaszon leülepszik, előbb zátony, majd sziget képződik, s a folyó így szakad két, vagy több ágra. Azt az ágot, amelyik a több vizet szállítja, főágnak, amelyik a kevesebbet, mellékágnak nevezzük. A főág természetesen mindig szélesebb is, mint a mellékág (53. ábra).



53. ábra: A főág és mellékág

Az 53. ábrán, a Tisza-tó IX-es öblítő csatornájának közelében található Buláti sziget esetében a baloldali ág a főág, s a jobb oldali a mellékág. Abban az esetben, ha a hordalék lerakódása és felhalmozódása következtében a mellékág bejárata úgy feltöltődik, hogy a középvízállásnál alacsonyabb vízállások esetében már a folyó nem tud befolyjni ebbe az ágba, akkor ezt a mederszakaszt holtágnak nevezzük. A természetes mederfejlődés mellett holtág keletkezhet úgy is, hogy mederszabályozási munkák során zárják el valamely folyóág bejáratát. Akár természetes, akár mesterséges módon keletkezett az ilyen típusú víztér, a legfontosabb kritérium, hogy holtágnak nevezhessük, hogy valamikor valóban egy két, vagy több ágra szakadt folyó egyik ága legyen a

képződmény alapja. Ezt azért nagyon fontos hangsúlyozni, mert sajnos a szakmai szóhasználatban szinte minden olyan vízteret, ami egy folyó mentén található, s valamikor része volt a folyónak, holtágnak neveznek, pedig ezt csak a fenti kritérium teljesülése esetén lehet megtenni (Pálfai I. 2000; Dévai és mtsai. 2001). A fő és mellékágak élettáját, ahol folyamatos a vízáramlás, eupotamál-nak nevezzük, míg a holtágak élettájának a neve parapotamál.

A holtág kialakulásához szükséges feltöltődés egy folyamat, aminek különböző szakaszai vannak. A mellékágból holtággá való fejlődésnek van egy olyan szakasza, amikor egy mederszakasz alacsonyabb vízállásnál holtágként, magasabb vízállásnál mellékágként viselkedik (54. ábra)



54. ábra: Holtágként és mellékágként is viselkedő mederszakasz Kisarnál.

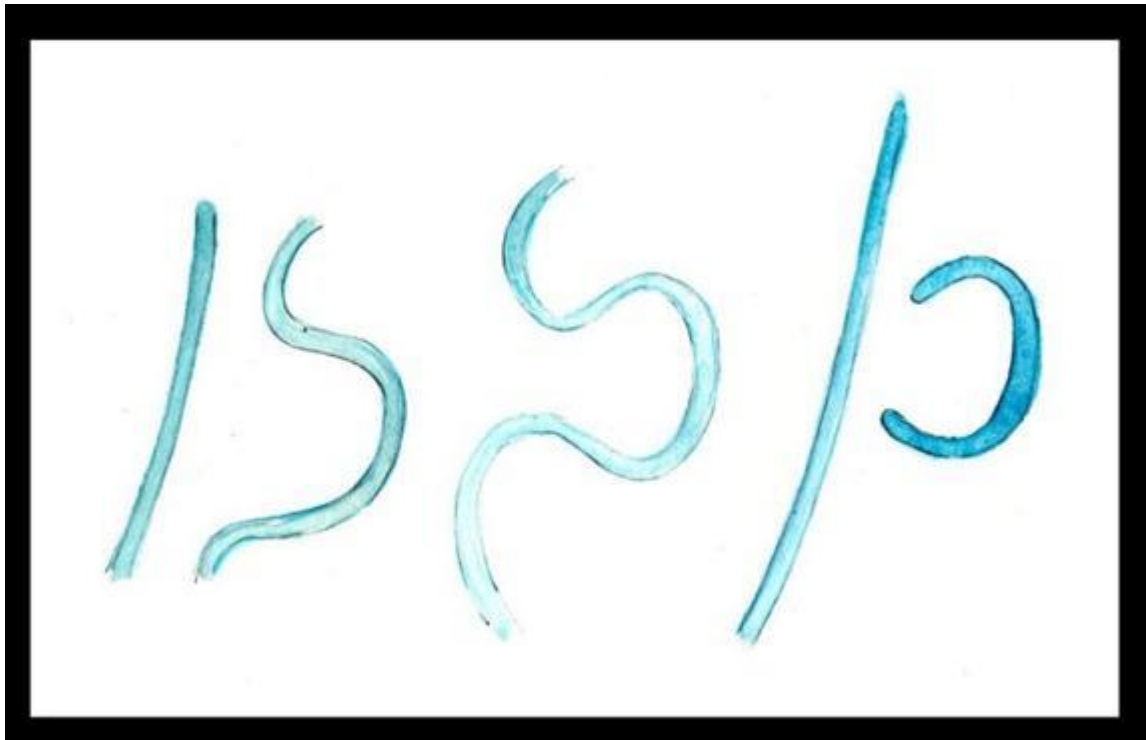
A Tiszakóródnál található mederszakasz már valódi holtág, mert csak a legnagyobb áradásokkor telik meg vízzel, egyébként a holtág bejárata elzárt a víz áramlása előtt (55. ábra).





55. ábra: Valódi holtág

A hegyekből az alföldekre, vagy általánosságban véve sík vidékre kieri vízfolyások másik fontos sajátossága a kanyargásra (meanderezésre) való hajlam. Ez annak a következménye, hogy az egyenes mederben áramló víz előbb utóbb olyan mederszakaszhoz ér, ahol az egyik part kőzetanyaga mállékonyabb, mint a másik oldalé. Így onnan anyagot visz el a víz, s a partban keletkezett sérülés egyre nagyobb lesz, s ezen az oldalon kialakul egy sodrott oldali rész, mely partot a víz folyamatosan támadja. Itt a part közelében halad a sodorvonal is, miáltal mélyül a meder, a víz alámosza a partot, és ún. „szakadópart” alakul ki. Az elhordott mederanyagot a víz, a folyó lentebbi szakaszán a sodrott oldallal ellentétes oldalon lerakja. Így tulajdonképpen az egyik partot rombolja, a másikat építi, s ez által egyre nagyobb kanyart kezd kifejleszteni. Ha a kanyar annyira túlfejlődik, hogy a nyaka közel kerül egymáshoz, akkor egy nagyobb áradás átvághatja azt a nyakat, a korábbi kanyar elszakadt a vízfolyástól, s a vízfolyás, az átvágott szakaszon új mederben folyhat tovább (56. ábra)



56. ábra: Egy holtmeder keletkezése

Az így keletkezett mederszakaszt általános értelemben holtmedernek nevezzük, és nem holtágnak, mert a vízfolyástól elszakadt mederrész sohasem volt ága annak a vízfolyásnak, csak medre (57. ábra).



57. ábra: A Boroszló-kerti hullámtéröblözet

Mindezeken túlmenően meg szokás különböztetni az így keletkezett víztereket aszerint, hogy a fenn leírt természetes mederfejlődés eredményekén szakadtak el a vízfolyástól, vagy mederszabályozási munkálatok következtében, ami hazánkban a XIX. században kezdődtek, s leginkább a Tiszát érintették. A természetes úton lefűződött kanyarulatokat a népnyelv morotváknak nevezi – Nagy-szegi-morotva; Rakamaz-Tiszanagyfalui Nagy-morotva – mely elnevezést a tudományos nyelv is átvette. A mesterségesen leválasztott holtmedrek neve rendszerint a meder helyének és az eredeti vízfolyásnak a nevéből tevődik össze – Boroszló-kerti-Holt-Tisza, Peresi-Holt-Körös, stb. – de lehet ettől eltérő módon képzett is pl., Halvány, Három-ágú, Szartos, stb. Bárhogyan is nevezzük ezeket, mindegyikük holtmeder és nem holtág. Élőhely-típológiai értelemben azokat a holtmedreket, amelyek a hullámtéren helyezkednek el – vagy ha nincs töltés, akkor az ártéren – amelyek áradásokkor rendszeresen közvetlen kapcsolatba tudnak kerülni a vízfolyás vizével, plesiopotamál-nak, azokat pedig, amelyek mentett oldalon, vagy korábbi ártéren helyezkednek el, és nem kerülnek rendszeresen közvetlen kapcsolatba az eredeti vízfolyással, paleopotamál-nak tekinjük.

A holtágak, holtmedrek és morotvák hazánk rendkívül jellegzetes kisméretű állóvizei. Sajnálatos módon, számukat illetően nincsenek pontos felmérési adatok. A kettő hektárnál nagyobb méretűek számát mintegy 400-ra becsüli Pálfi (2000). Tekintettel arra, hogy egyrészt élőhelyként a kettő hektárnál kisebbeknek is jelentős szerepük van, ill. arra, hogy egy alapos felmérés eredményeként csak a Tisza Tiszabecs és Dombrád közötti szakaszán 78 holtmeder azonosítása történt meg, teljes számuk akár az ezerhez is közelíthet. Ezen víztér típusok esetében általánosságban három dolgot érdemes megjegyezni.

Az egyik, hogy megjelenésükben a feltöltöttség legkülönbözőbb állapotában vannak. A legfeltöltöttebbek mára sok esetben ligeterdővel borítottak, vagy kaszálóként, legelőként, szántóként hasznosítottak, míg vannak olyanok, amelyek még olyan nagy nyíltvízzel rendelkeznek, és olyan mélyek, hogy a kopolya víztér típusba sorolhatók.

A másik, hogy a vízszabályozási munkálatok befejezett volta eredményeként mára már megszűnt annak a lehetősége, hogy akár természetes módon, akár újabb beavatkozások eredményeként újak keletkezzenek, így abból a készletből kell „gazdálkodnunk” ami aktuálisan a rendelkezésünkre áll.

A harmadik, hogy a feltöltő szukcesszió folyamatának eredményeként – természetvédelmi célú beavatkozások nélkül – néhány száz év alatt mindegyikük fel fog töltődni és helyükön klímazonális erdő fog kialakulni.

Ökológiai szempontból három csoportba sorolhatók. A legértékesebbekben a természetvédelmi prioritás érvényesül, a második csoportba soroltak esetében valamely bölcs hasznosítás (ökoturizmus, természetesvízi halgazdálkodás), míg a harmadik csoportba soroltak gazdasági hasznosításuk (vízi szárnyas tenyésztés, haltenyésztés, ipari felhasználás). Fenntartásukhoz be kell avatkozni a vízi ökológia rendszerekbe, mely beavatkozások lehetséges módjai Aradi Csaba nyomán, a következők lehetnek.

**Prezerváció** – amikor a vízi ökológiai rendszer még olyan állapotban van, amikor a szukcessziós folyamatok iránya olyan, amit kedvezőnek tartunk, azaz olyan irányba fejlődik a rendszer, hogy beavatkozás nélkül még természetvédelmi szempontból értékesedni fog. Pl. egy frissen, vagy nem túl régen keletkezett, vagy levágott holtmeder, ami még kopár, meredek partfalakkal jellemezhető, ahol vízi növényzet nem, vagy alig fordul elő. Itt a beavatkozás csak a megfigyelésre és nyomon követésre koncentrálódik.

**Konzerváció** – amikor a vízi ökológiai rendszer olyan állapotban van, hogy úgy ítéljük meg, ez az állapot a legkedvezőbb természetvédelmi szempontból, s így ennek az állapotnak a fennmaradását tartjuk kívánatosnak. Itt már olyan beavatkozásokat kell tenni, amik a feltöltő szukcesszió erőrehaladását késleltetik, vagy visszavetik. Ilyenek lehetnek, a jelenleg valamely szintű, természetvédelmi oltalom alatt álló vízterek állapotának megőrzésére irányuló munkálatok.

**Rehabilitáció** – a vízi ökológiai rendszer már kis mértékben sérült, de a természetvédelmi szempontból értékesebb állapot visszaállítása még kisebb beavatkozásokkal megoldható, mert az eredeti rendszer elemei főbb vonalaiban még megvannak. Ilyenek lehetnek a bölcs hasznosítású rendszerekbe történő beavatkozások.

**Rekonstrukció** – az eredeti vízi ökológiai rendszer elemei olyan nagymértékben sérültek, hogy sok esetben már csak nyomokban fedezhető fel, így az eredeti állapot visszaállításához drasztikusabb beavatkozások szükségesek, pl. a jelenleg gazdasági hasznosítású rendszerekbe történő beavatkozások.

**Kreáció** – egy vízi ökológiai rendszer létrehozása olyan helyen, ahol korábban nem létezett, pl. a Tisza-tó létesítése.



Főleg vízügyes, mérnöki gyakorlatban elterjedt egy olyan beavatkozást jelző kifejezés – revitalizáció – amit ökológiai szempontból nem tartunk helyesnek. Ez ugyanis újraélesztést jelent, s ilyen jellegű beavatkozásra egyetlen vízi ökológiai rendszernek sincs szüksége.

A holtágakat, holtmedreket és morotvákat rendkívüli változatosság jellemzi (Dévai és mtsai. 2001). Ezek lehetnek egyrészt a mérsékletövi klímának megfelelő aszpektuális változatosságok (58. ábra).



58. ábra: Aszpektuális változatosság

Másrészt lehetnek a vegetációperiódus legkiteljesedettebb állapotában – hazai körülmények között július és augusztus hónapok – a víztérben tapasztalható növényállomány borítottságból adódó változatosságok (59. ábra).

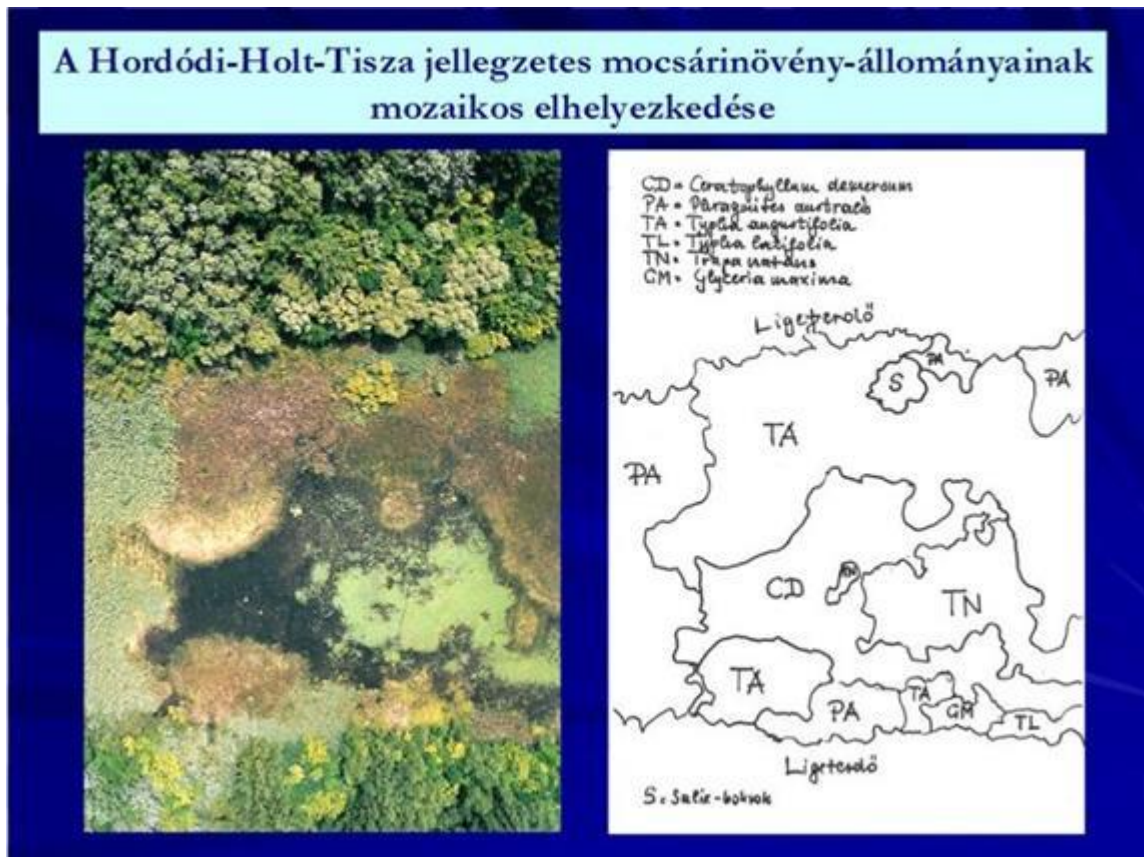




59. ábra: A Hordódi-Holt-Tisza július végi habitusképe

A növényállományokkal borított állóvíz rendkívül gazdag mikrobiális életnek nyújt kiváló feltételeket (3. mozgókép, Zooplankton, Rotifera; 4. mozgókép, Peridinium).

A változatosság és mozaikosság leghatékonyabb feltérképezésére a légi fényképezés különböző módszerei a legalkalmasabbak. Ma már a hagyományos módszerek körébe sorolható a sárkányrepülőről készített légifelvétel. Ezek minősége rendszerint megfelelő ugyan, de a különböző növényállományok terepi azonosítása, és térkép-szerű megjelenítése meglehetősen munkaigényes (60. ábra).



60. ábra: Sárkányrepülőről készített légifelvétel és az ennek alapján készített vegetációtérkép

A jelenleg alkalmazott leghatékonyabb módszer, a repülőgépre telepített

hiperspektrális képalkotó rendszerrel történő légifényképezés, majd alkalmas szoftverekkel történő adatfeldolgozás. Ennek a módszernek csupán az egyik lehetősége, hogy készíthető vele a látható fény tartományban légifelvétel (61. ábra).



61. ábra: A Rakamaz-Tiszanagyalui Nagy-morotva teljes területének összeillesztett képe, a látható fény tartományban, 2009 augusztusában.

A látható fény tartományban összeillesztett kép valósághűen mutatja a jellemző állapotokat, de ez az ábrázolás elsősorban arra alkalmas, hogy meghatározzuk a nyíltvizes és a növényállományokkal borított területek arányát. Ilyen felvételek alapján a morotvában előforduló növényállományok összetételéről csak igen részletes terepi felvételezésen alapuló támogatással, és igen munkaigényes feldolgozás után lenne lehetőség részletes információkhoz jutni. A hiperspektrális technika alkalmazásának előnye, hogy több hullámhosszon mér, és az adatokat osztályozottan lehet lehívni. Ha az adatokat osztályozottan hívjuk le, akkor az összemozzaikolt képen a nyíltvizes és növényállományokkal borított területek határozott elkülöníthetősége mellett, az egyes növényállományok közötti különbségek is jól láthatók, s a kapott kép – hamis színekkel ugyan – de pontosan és jól elhatárolható módon mutatja a különböző növényállományokat. Miután maga a térkép egy programcsomag alkalmazásával készül, minden egyes helyen ki lehet számítani egy-egy adott növényállomány pontos területét, s az azonos színű foltok területének egyesítésével a különböző növényállományok részesedését is a víztér teljes területéből (62. ábra).



62. ábra: A Rakamaz-Tiszanagyfalu Nagy-morotva teljes területének osztályozott képe.

A 62. ábrán jól azonosítható a Rakamaz és Tiszanagyfalu térségében kialakított két nagy nyíltvízes terület mellett az, hogy a morotva teljes hossz tengelyében végig megtalálható a nyíltvíz, ami a vízkivételi mű közelében a legkeskenyebb. Az egyes növényállományokat vizsgálva elmondható, hogy a Rakamaz felőli részen kikotort területéről kitermelt üledékkel feltöltött részt legnagyobb kiterjedésben füzes (SALIX) borítja, kisebb nádas (PHRAU) foltokkal tarkítva. Ezen túl nagyobb füzes állományok találhatók a Rakamaz felőli szakadó part mentén, valamint a morotva kanyarulatának külső és belső ívén, ill. a morotva Tiszanagyfalu felőli végének szélein. Nagyobb összefüggő nádasok csak a morotva kanyarulatának külső ívén, ill. a Tiszanagyfalu felőli végének két oldalán alakultak ki. A jelentősebb sulyom (TRANA) állományok elsősorban a Tiszanagyfalu felőli részen találhatók, míg a vízkivételi műtől a Rakamaz felőli kotort szakaszig csupán kisebb foltokban fordulnak elő. Az érdes tócsagazos kevert hínáros állomány (CERAT) a morotva középső szakaszán foglal el jelentős területeket, ill. a sulyom állományok szegélyében. Szintén a morotva középső részére jellemző a tündérróza (NYMAL) foltok megjelenése, amelyek az érdes tócsagazos állományokhoz hasonlóan kis kiterjedésben szintén megtalálhatók a Tiszanagyfalu felőli rész sulyomos állományainak szegélyében is. A gyékény (TYPAN) a morotva teljes területéhez mérten csak kisebb foltokban fordul elő, állományai szinte csak színező elemnek tekinthetők.

## 2. Velencei-tó

A Velencei-hegység lábánál található tó igen fiatal, hiszen keletkezése mintegy 12-15 ezer évvel ezelőttre tehető. Eredetileg két párhuzamos törésvonal közötti mélyedésben jött létre, de a jelenleginél közel háromszor nagyobb területen. A tó életébe igen sokszor történt olyan drasztikus beavatkozás, aminek következtében többször is kiszáradt, de előfordultak az életében kifejezetten árvizes időszakok is. A szélsőséges változások megszüntetése érdekében elvégzett tószabályozási munkálatok az 1960-as években kezdődtek, s napjainkban kisebb ingadozásokkal tartani tudnak a mederben egy viszonylag stabil vízállást. A Velencei-tó hazánk harmadik legnagyobb természetes állóvize, és második legnagyobb, alkalikus szikes tava. Vízértípusát tekintve litorális típusú sekély tó. A tó nyugati részének kivételével jellemző rá a sok igen magas koncentrációja, aminek következtében a vezetőképessége elérheti a  $3\,000\ \mu\text{S cm}^{-1}$  értéket is. Az uralkodó kationok jellemzően a nátrium és a magnézium, míg az uralkodó anionok a szulfát, és a hidrogén-karbonát. A pH a magas sótartalmú részeken 8,8-9-es is lehet. Területe jelenleg mintegy  $26\ \text{km}^2$ , hossza  $10,8\ \text{km}$ , átlagos szélessége  $2,3\ \text{km}$ , átlagos mélysége  $1,6\ \text{m}$ . Víz-tömegének térfogata a jellemző átlagos vízállásnál mintegy  $41\ \text{millió m}^3$ , partvonalának hossza ekkor mintegy  $28\ \text{km}$ . Vízgyűjtő területe meglehetősen nagy, több mint  $600\ \text{km}^2$ . Mérete korábbi földtörténeti



korokban ennél jóval nagyobb volt. Legnagyobb kiterjedését a pleisztocénben érte el, ami akkor 61 km közelében lehetett. A meder sekélysege következtében vize gyorsan és intenzíven melegedő. Tartósan száraz, napsütéses időszakokban vízhőmérséklete meghaladhatja akár a 28 °C-ot is, ami rendkívül kedvező a bevonatalkó algák számára (Ács 2007). A tó természetes mederfejlődése és feltöltődése eleve előrevetítette, hogy egy természetes bentonikus eutrofizálódási folyamat eredményeként a makrovegetáció fokozatosan előretör. Ezt a folyamatot csak elősegítette, hogy már a múlt század harmincas éveinek végén a főváros közelsége révén, partján üdülőövezet létesült, ami az antropogén hatások következtében komoly mértékben felgyorsította ezt a folyamatot. A hatvanas évek kezdetére már a tó közel 60%-át nádasok borították, amelyek jelentős területeken teljesen összefüggőek voltak, míg más helyeken kis területű, egymástól elszigetelt nyíltvizes foltok alakultak ki, s így rendkívül mozaikossá vált a szerkezete. A tó délnyugati részét többnyire huminanyagokban gazdag barna vizek jellemezték, a középső nyíltvizes részén a hullámvíz következtében felkavarodó, kevésbé átlátszó szürke vizek voltak, míg az északkeleti területeken az algák tömegtermelése következtében a vizek zöld színűvé vált. Az eutrofizáció előrehaladottsága, komoly vízminőségi problémákat is felvetett, ezért egy igen átfogó rehabilitációs beavatkozás kezdődött. Ennek során megtörtént a nádas állományok gyérítése, mederkotrás révén eltávolítottak közel 9 millió m<sup>3</sup> üledéket, aminek egy részét a part egyes szakaszainak feltöltésére használták, más részéből pedig létrehoztak két mesterséges szigetet. A vízgyűjtőn is jelentős beavatkozásokra került sor. A Zámolyi és a Pátkai tározók megépítésének, valamint a Császárvíz mederrendezésének köszönhetően stabilizálni lehetett a vízszintet, mintegy 140-180 cm-es szinten. A vízgyűjtő területen bekövetkezett változások csökkentették a tóba bekerülő, az eutrofizációt elősegítő növényi tápanyagok mennyiségét is. Mindezen beavatkozások következtében az 1980-as évek közepére sikerült jelentősen visszavetni az eutrofizációs állapotot. A nádasok területe közel 25%-al csökkent, a tó kétharmadán jelentős nyíltvizes területek alakultak ki, a korábban jelentős mértékben akadályozott vízcserélődés lényegében a teljes területen lehetővé vált. A tó jelenleg alapvetően két elkülönülő részre osztható. A nyugati részen – a teljes terület mintegy egy harmadát kitevő – nádas-mocsaras rész alakult ki, ami madárrezervátummá vált, a keleti medence pedig nagyterjedésű, nyíltvizes területté alakult. A rehabilitációs beavatkozások következtében kétségtelenül sikerült jelentős mértékben visszavetni az eutrofizációs folyamatokat, ez azonban nem jelenti a folyamatok visszafordítását. A tó egész jellege olyan, hogy előbb-utóbb a feltöltődés ismét olyan fázisba jut, hogy szükség lehet ismételt beavatkozásra. Ezt feltétlenül előrevetíti, hogy a természetvédelmi szempontok figyelembe vétele mellett napjainkban is igen jelentős igény van, a tó rekreációs célú hasznosítására, aminek következtében hazánk kedvelt üdülőhelyeinek egyikévé vált.

### 3. A Fertő-tó

A Fertő-tó elnevezése hidroökológiai szempontból nem helyes, hiszen a víztér típusát tekintve nem beszélhetünk tóról. Érdekes dolog, hogy a helyi szóhasználatban röviden Fertőnek nevezik, ami valóban megfelelő elnevezés. A „fertő” szó eredeti jelentése mocsaras, agyagos, sáros hely, ami még ma is megfelelő leírása a víztérnek, ugyanis a hazánk területén található kisebb részének nyolcvan százalékát makrovegetáció borítja, de az Ausztriához tartozó nagyobb részének is ötven százalékos a növényborítottsága. A növényállomány jelentős részét mocsári növények teszik ki – főleg nád – de mélyebb, elzártabb területein a láposodás jelei is felfedezhetők, míg a nyíltvizes területek jelentős részén gazdagon megjelenik a hínárnövényzet is.

A Fertő-tó, a Pannon tenger visszahúzódása után, mintegy 20 ezer évvel ezelőtt alakult ki. Vízállása természetes körülmények között a története során sokszor igen szélsőségesen változott. Volt olyan időszaka, amikor területe a jelenlegi Balaton területét megközelítő méretűre duzzadt, de többször ki is száradt, ami átlagosan 100-120 évente következett be. Ezek közül a legjobban dokumentált nem is olyan régen, a 19. században történt. Az 1855-ben kezdődött vízszintcsökkenés eredményeként 1866 nyarára teljesen kiszáradt, s medre három éven keresztül teljesen szárazon állt.

A Fertő-tó hazánk, és Közép-Európa harmadik legnagyobb állóvize, és Európa legnyugatibbra fekvő sztyepteptava, azaz síkvidéki, szikes, sós állóvize. Teljes területe a világörökség része, hazai partvidéke a Fertő-Hanság Nemzeti Park, ausztriai partvidéke a Neusiedler See-Seewinkel Nemzeti Parkhoz tartozik. A Fertő tó sótartalma magas, elérheti a 2500 mg/l-es értéket is. Nem csupán maga a víztér, de a környező terület is (Fertő-táj) része a világörökségnek. A tótól keletre húzódó táj kisebb szikes és sós tavaival, homokos síkságaival inkább az Alföldre hasonlít, de nyári időszakban sokkal hűvösebb és csapadékosabb annál. Vízmélysége átlagosan csupán 50-60 cm, a legmélyebb helyeken sem több 180 cm-nél. A Fertő-tó a Balaton után hazánk második legkönnyebben felmelegedő tava, tartós nyári melegben vizének hőmérséklete elérheti a 30 °C-ot is. Vízszintje napjainkban is erősen ingadozó, állandó partvonalra nincs, kiterjedése folyamatosan változik. Befolyó vize csupán egyetlen van, a Vulka és vize lefolyástalan. Üledékében és vizében sok a nátrium, a víz, erősen lúgos, szikes. A vízben élő élővilágnak jelentős korlátokat szab a magas sótartalom és a lúgosság, de

madárvilága egyedülálló. Nem csupán a fészkelő fajok okán, hanem azért is, mert vonulási időszakban szinte minden európai vízimadár faj előfordul a területén.

## 4. Kis-Balaton

A Kis-Balaton a Balatonhoz kapcsolódó vizes élőhely. Területe jelentős részben kapcsolódik a Zala folyó torkolatvidékéhez, amely mindig mocsaras, szemisztatikus, esetenként asztatikus vízjárású terület volt. A víztér egészen a 19. századig egy egységet képezett a Balatonnal, tulajdonképpen a mai Balaton külön medencéjeként funkcionált. Jelentős szerepe volt mindig is abban, hogy a Zala – a víz áramlási sebességének csökkenésével – itt rakta le hordalékának és szállított tápanyagtartalmának a jelentős részét, azaz a Balaton jelenlegi medrébe való beömlés előtt, s így mintegy természetes szűrőként funkcionált. A területét érintő beavatkozások és változások következtében ezt a funkcióját a 19. században, fokozatosan elveszítette. A változást okozó tényezők egyike, a Balaton déli partján vezető vasútvonal megépítése volt, aminek következtében magának Balatonnak is és a Kis-Balatonnak is jelentősen csökkent a vízszintje. A visszahúzó víz a környékbeli gazdálkodókat arra sarkallta, hogy mezőgazdasági művelésre alkalmas területeket alakítsanak ki. Ezért a visszamaradó vizek lecsapolására csatornákkal hálózta be a területet, ami a vízzel borított részek jelentős csökkenéséhez vezetett. A mezőgazdasági termelés növekedésével egy időben viszont jelentősen megnövekedett a kémiai és biológiai szennyezés is. Mindezek következtében az eredeti szűrő funkció veszített a hatékonyságából, a Zala már jelentős részben tovább vitte a hordalékát a Keszthelyi-öbölbe, és ott rakta le azt, nem pedig a Kis-Balaton területén. Mindezen folyamatok eredményeként a Balatonban felerősödtek az eutrofizációs folyamatok. Különösen a planktonikus eutrofizáció előretörése volt jelentős, ami alga túltermelésben nyilvánult meg, s ez jelentős mértékben zavarta a rekreációs célú hasznosítást. A Balaton gazdasági és turisztikai jelentősége miatt átfogó tervek készültek az eredeti trofikus állapotok visszaállítása érdekében. Ezért az 1970-es években terv született egy „Kis-Balaton Vízvédelmi Rendszer” kiépítésére, ami a Kis-Balaton újbóli mesterséges elárasztását, a mocsárvilág rehabilitációját foglalta magában. A Kis-Balaton Vízvédelmi Rendszer (KBVR) megépítése az 1980-as évek közepétől két részletben valósult meg. Előbb megtörtént a Hídvégi-tó kialakítása (1985), majd a Fenéki-tó részleges elárasztása (2005). A KBVR működésének nyomán követésére vízminőség-védelmi és természetvédelmi monitorozó rendszer épült ki. A beavatkozások hatására a Zala vize megtervezett módon kanyarog végig a területen. A beavatkozás eredményeként gyorsan megindult a mocsárvilág regenerációja. Mindeközben olyan – a víztértől független – változások is bekövetkeztek, hogy a vizes élőhelyek az egész világon, de különösen Európában felértékelődtek, természeti értékei előtérbe kerültek. Mindezek miatt az eredeti vízminőség-védelmi szempontok mellett jelentősen felértékelődött a létesítmény természetvédelmi jelentősége, ami megjelent a hasznosítás fő prioritásai sorában. Ez természetesen a fenntartás és kezelés szempontjából is új helyzetet eredményezett. A Kis-Balaton – mint vizes élőhely – jelenleg Európában egyedülálló természeti értéket képvisel. Az eddig megfigyelt közel 250 madárfajon kívül számos, ma már ritka állat-és növényfaj él a területen. A hazai védettségén túl – a Balaton-felvidéki Nemzeti Park részeként, s nagyobb részben fokozottan védett területként – nemzetközi védelmet is élvez. A közel 15 000 hektár kiterjedésű Kis-Balaton a Ramsari Egyezmény hatálya alá tartozó „Nemzetközi jelentőségű vadvizek” jegyzékén is szerepel. Jelenleg napirenden van, a KBVR II. ütemének megvalósítása, melynek természetvédelmi vonatkozásai és hatásai talán még az eddigieknél is jelentősebbek lesznek. A Kis-Balaton Vízvédelmi Rendszer – a teljes kiépítettsége után – valóban olyanná fog válni, hogy állapota egy jelentős kiterjedésű – a vízszabályozások előtti időszakot idéző – vízi világot fog megjeleníteni. A terv fontos eleme, hogy lehetőség lesz a Zala folyót – a védelmi rendszert kikerülve – közvetlenül is a Balatonba kormányozni. Ennek azért van jelentősége, mert a Zala folyó vízminősége az utóbbi időkben olyan jelentős mértékben javult, hogy vannak olyan időszakai az évnek, amikor a közvetlen bevezetése jobb minőségű vízpótlást jelent a Balaton számára, mint a védelmi rendszeren átáramoltatott víztömeg bekormányzása.

## 5. Anyaggödrök

Anyaggödrök néven azokat a képződményeket foglaljuk össze, amelyek valamilyen céllal történő anyagkitermelés után maradtak meg. Ha ezekben a képződményekben tartósan víz található, akkor olyan állóvizek alakulnak ki, amelyek hazai jelentősége számottevő. Ezek közül említésre érdemesek a kubikgödrök és a bányatavak.

A kubikgödrök a folyószabályozási munkálatok maradványai. Innen termelték ki a munkások (kubikosok) azt a földmennyiséget, amit a gátak, töltések építéséhez használtak. Ezeket mindig az épülő töltés vízfolyás felőli részén mélyítették – a kialakuló hullámtéren – s ennek következményeként az áradáskor a medréből kilépő vízfolyás rendszeresen feltölti vízzel. Jelentős részükben a víz meg is marad, és nagyon sajátos állóvízi élőlényközösségeknek adnak otthont.

A bányatavak száma hazánkban közel 1000-re tehető. Ezek döntő többsége kavicsbányató, amik az építőipar kavicsszükséglete következtében alakultak ki. Jellemző sajátosságaik, hogy rendszerint kopolya típusúak, mert mélyek, mélységük akár 20-40 m-es is lehet. Mélységük következtében medrükben jelen van a valódi mélységi (euprofundális) öv, rendszerint tartós rétegződés is kialakul bennük, s – különösen a létrejöttük kezdetén – a litorális öv szerepe alárendelt. A kavicsbánya tavak vize alapvetően talajvízből keletkezik, így minőségét kezdetekben az adott helyen lévő talajvíz állapota határozza meg. A kavicsbányákban összegyűlő talajvíz alapvetően oligotróf, az eutrofizációs folyamatok sebességét részben a víztér környékéről bekerülő anyagmennyiségek, részben pedig a hasznosítás módja határozza meg. A víztér környékéről bekerülő anyagok mennyiségét elsősorban a bányatavat fenntartó kontrolálhatja különböző intézkedésekkel (építési tilalommal, ha már épített környezet van, csatornázással, és rendeletekkel). A hasznosítási formák közül – vízparti üdülés, fürdés, vízi sportok, horgászat – nyilván bármelyiket lehet a vízteret terhelő módon végezni, mégis a legtöbb gondot a horgászati hasznosítás szokta jelenteni. Nem alapvetően a halak miatt, hanem azért, mert a kifogásuk technikáiban rendszeresen szerepel, az ún. „beetetés”, ami tulajdonképpen nagy mennyiségű szerves anyag terhelést jelent a víz számára, ami egyértelműen gyorsítja az eutrofizálódást.

## 6. Halastavak

A halastavak alapvetően haltermelő gazdasági egységek, de napjainkban egyre több olyan vonatkozásuk kerül előtérbe, aminek komoly hidrológiai jelentősége van. A halastavi haltenyésztés gyakorlata során alkalmazott halászatbiológia, ill. az ökológia tudományán belül a vízi élő szervezetek ökológiai viszonyait vizsgáló vízi ökológia két egymáshoz igen közel álló, sok esetben hasonló vizsgálati módszereket alkalmazó tudományterületnek tekinthető, amelyek elsősorban érdeklődésük tárgyának megközelítési módjában különböznek. A halastavi haltenyésztés az állattenyésztésnek egy speciális ága, amely más állattenyésztési ágazatokkal összevetve – a kétségtelenül meglévő analógiák mellett – igen sok, alapvetően különböző sajátossággal rendelkezik. A számos eltérő körülmény közül a legmeghatározóbb, az, 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 milyensége, mind a halak etetése vagy más beavatkozások (trágyázás, műtrágyázás) 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. A haltenyésztőnek természetesen arra kell törekednie, hogy ez az állapot a lehető legkedvezőbb legyen a tenyésztési kívánt halfaj vagy halfajok számára, ezért a halastó vizének minőségét meg kell próbálnia a kívánt célnak megfelelően alakítani. E beavatkozások pontos, hatékony kivitelezéséhez azonban szükség van alapvető vízi ökológiai ismeretekre, sőt minél inkább járatos a haltenyésztő e tudományban, annál magabiztosabban tud beavatkozni a vízben zajló folyamatokba, a tenyésztési kívánt halak életének és megfelelő fejlődésének veszélyeztetése nélkül. Ha a vízi ökológia tudományát halastavakban gyakoroljuk azzal a céllal, hogy hozzájáruljunk a tenyésztés sikeréhez, akkor vizsgálataink során kitüntetünk egy élőlénycsoportot – a halakat – és a halastó vizének állapotváltozásait abból a szempontból értékeljük, hogy azok kedvezőek vagy kedvezőtlenek a kiválasztott élőlénycsoport számára. A vízi ökológia halastavi haltenyésztéssel, ill. a halastavak vizének minőségével foglalkozó ágának, a fenti szemléletmód szellemében kell dolgoznia. A halastavi haltenyésztés során ugyanis a haltenyésztésre előkészített tavakban – mint mesterségesen létrehozott vízi ökológiai rendszerekben – meg kell próbálni minden egyéb körülményt úgy alakítani, hogy a halastó vizének minősége a lehető legkedvezőbb legyen a rendszer kitüntetett tagja, azaz a tenyésztési kívánt halfaj(ok) számára. Éppen ez az a terület, ahol a tógazdasági gyakorlatban fontos halászatbiológiai, és a vízi ökológiai kutatások a leggyümölcsözőbb módon kapcsolódhatnak. A vízi ökológia nézőpontjából kiindulva ugyanis ha ökológiai szemléletmóddal vizsgáljuk a halastavak életébe történő beavatkozások hatására bekövetkező állapotváltozásokat, sok olyan információhoz juthatunk, amelyek a természetes vizek ökológiai állapotának megítélésében is segítségünkre lehetnek. Az együttműködésből származó előny természetesen kölcsönös, hiszen a vízi ökológiai kutatások által feltárt mindazon törvényszerűségek, amelyek a halak számára előnyösek, közvetlenül alkalmazhatók a haltenyésztés gyakorlatában. A halastavak többségének – eredeti funkciójuk fenntartása mellett – létesítésük időpontjától kezdődően rendkívül komoly szerepe van, mint a vándorló vízimadarak pihenő és táplálkozó helyei, vagy vízimadarak költőhelyei. A Ramsari egyezmény – ami eredetileg kifejezetten madárvédelmi egyezmény volt, de később a vizes élőhelyek védelmére szolgáló egyezménnyé vált – hatálya alá tartozik két hazai halastavi rendszer is, a Biharugrai és a Hortobágyi halastavak. A halastavak hasznosításának új típusú, és egyre inkább előtérbe kerülő lehetőségei az ökoturizmus, és a sporthorgászat. Ezek kiváló kiegészítői a haltermelő tevékenységnek, s a társadalom olyan rétegeit tudja közelebb hozni az ökológiai szemléletmód elsajátításához, vagy megértéséhez, akik eddig elsősorban csak a horgászható, halászható halak oldaláról kerültek közel a vízhez. A halastavak kapcsán feltétlenül említést kell tenni az európai vidra (*Lutra lutra*) állományának fenntartásában való szerepükről. A vidra egész Európában veszélyeztetett faj, több nyugat-európai országban már ki is pusztult, jó néhány helyen próbálkoznak a visszatelepítésükkel, mely program

Németországban, és a Brit-szigeteken már elkönnyvelhet részsíkereket. Hazánkban fokozottan védett faj, hazai veszélyeztető tényezői a vizes élőhelyek számának és területének visszaszorulása, a halastavak számának csökkenése, a vízpartok betonozása, a parti növények irtása, vizek közelében épített autópályák létesítése és egyes vidrákról alkotott tévhitek „sok halat eszik, gyorsan szaporodik”. Magyarországon még kiemelkedően sok vidra él Európa más országaihoz viszonyítva, s populációjuk fenntartásában kiemelkedő szerepe van a halastavaknak.

## 7. Tesztfeladatok .



---

# 15. fejezet - Különleges vizek

A hazai víztereket tekintve több esetben is elmondhatjuk, hogy van olyan sajátosságuk, amiért valamilyen szempontból különlegesnek lehetne tekinteni. Mégis van két olyan típus, amit érdemes e szempontból kiemelni. Ezek a szikes vizek és a termálvizek.

## 1. Szikes vizek

Azokat a kontinentális természetes vizeket, amelyekben tartósan vagy időszakosan legalább 600 mg/liter nátrium kation dominanciájú oldott ásványi anyag tartalmú felszíni víz van, szikes vizeknek nevezzük. A korábbi fejezetekben már három esetben is – Balaton, Velencei-tó, Fertő-tó – utaltunk arra, hogy vizük szikes jellegű. Közülük a Balaton a maga 580 mg/l-es sótartalmával éppen e jelleg határán található, míg a Velencei-tó és a Fertő-tó sótartalma már magasabb, 2500-2800 mg/l. E három nagyobb méretű víztér mellett, hazánkban igen sok kisebb szikes víz van, amelyek sótartalma ezeknél a szinteknél jóval magasabb is lehet. Ezek általában víztértipológiai szempontból a Kistó típusba tartoznak, és Európai szinten is különlegességnek számítanak, ezért kell őket kiemelten tárgyalni.

A bioszférában természetes állapotban nem található olyan víz, amiben legalább nyomokban ne lenne valamennyi só. Így fogalmazhatunk úgy is, hogy minden természetes víz, valamilyen töménységű sóoldat. Ha onnan indulunk ki, hogy valamely víztömegben a só nyomokban található csak meg és fokozatos só adagolással eljutunk egy tömény sóoldatig, a két végállapot közötti átmenetben, a só koncentrációjának növekedésén túl nem tapasztalható semmiféle látványos változás. A természetben előforduló vizekben azonban azt figyelték meg, hogy a vízi élővilág egy jelentős része kifejezetten az alacsony sótartalmú, más része kifejezetten a magas sótartalmú vizekhez kötődik, de természetesen vannak az átmeneti állapotokat kedvelők is. Ezért a természetes vizeket sótartalmuk alapján három alapvető csoportba sorolták. Azokat, amelyekben a sótartalom 500 mg/l, vagy az alatti, édesvíznek nevezzük. Az 500 mg/l és 20 000 mg/l só tartalmazókat félsós vizeknek, míg a 20 000 mg/l fölötti só tartalmazókat sós vizeknek nevezzük. A tengerek, óceánok sótartalma 35 000 mg/l körüli. A kontinentális sós vizek ennél jóval magasabb sótartalmúak lehetnek, meghaladhatják akár a 60 000 mg/l-es értéket is.

A világ kontinentális állóvizeit tekintve elmondható, hogy közel azonos arányban található közöttük édesvízű (125 000 km<sup>3</sup>), ill. sósvízű (104 000 km<sup>3</sup>). A kontinentális sós vizek főleg a tengerek, óceánok mentén találhatók, de az Európai kontinentális jellegű vizek főleg Európa keleti felén, legfőképpen a Kárpát-medencében elterjedtek. A Kárpát-medence szikes tavaira – a világ egyéb sós vizeihez képest – az alacsonyabb sótartalom, ugyanakkor az erős lúgosság jellemző.

A Kárpát-medence vizeinek szikesedése és a kisebb szikes területek kialakulása jelentős részben a Holocénban, mintegy 8-10 ezer évvel ezelőtt kezdődött, ahol minden feltétel adott volt, ehhez (Boros 1999).

A szikes vizek kialakulásának feltételei között az egyik, hogy legyen a sónak bőséges forrása. A Kárpát-medence esetében ezek a források, a medence peremén található vulkáni tufának, a lösznek és a futóhomoknak oldódó Na-sói, ill. a mészkőhegységekből származó Ca-sók mállástermékei voltak. Szintén fontos feltételek, hogy a területnek legyen egy lefolyástalan medence jellege, a vizek természetes lefolyása nélkül, ill. az összegyűlt vizek medrében olyan vízzáró rétegnek kell lennie, ami lehetetlenné teszi a víz mélyebb talajrétegekbe történő beszivárgását. A szikes vizek fenntartásában elengedhetetlen a klíma hatása is. Szükséges hozzá ugyanis egy határozottan kontinentális jellegű éghajlat, amit egyenlőtlen csapadéeloszlás jellemez. Ennek az a következménye, hogy a tavaszi nagyvizes időszakokat nyári bepárlódás követi. Ezekre a vizekre jellemző továbbá, hogy a nagy területekről összegyűlő vizek oldott sótartalma kis területeken koncentrálódik.

A szikes állóvizek fontos jellemzője a kis víztérfogat, és nagy vízfelület. Vízdinamikájuk szélsőséges. Tavaszi vízbőség jellemző, de jelentős részük időszakosan ki is szárad. Általában felszíni vízfolyások (folyó, patak, csermely, ér) nem táplálja, vagy ha igen, akkor annak vízhozama jelentéktelen a víztömeghez képest. Vízpótlása főleg csapadékból, vagy hóolvadásból származik, ill. a közvetlen környékén lévő magasabb térszínekről folyik hozzá. Rendszerint lefolyástalanok, nagyon csapadékos időszakban, kivételes esetekben kialakulhat túlfolyó, ami a vízének kis részét elvezetheti. A szikes vizek többsége asztatikus jellegű kisvíz, a víztér teljes területe litorális. Ennek következtében a víz hőmérséklete a kis rétegvastagság miatt szorosan követi a levegő hőmérsékletét, így mind a napi mind az évszakos változások jelentősek, télen rendszerint fenékgig befagynak.

A szikes vizek színe alapján két fő típusuk különböztethető meg. A fehér vizű szikesekben a víz, a kolloid mészsóktól állandóan zavaros, aljzatában szürkésfehér karbonát mésziszap van. A szezonális bepárlódás során, kiszáradásukkor a meder felületén „kivirágzik” a sziksó ( $\text{Na}_2\text{CO}_3 \times 10\text{H}_2\text{O}$ ). Ezt a „szódát” régen a kiszáradt tófenékről összesöpörték és háztartási mosószerként használták. Vizük állandóan zavaros, sűrű tejfehér jellege van, amittől átlátszósága egyedülállóan kevés, csupán néhány cm. Megfelelő körülmények között, ha a talajvíz kalciumtartalma magas, az aljzaton tavi mészkő is képződhet. Bár tavi mészkő a Duna-Tisza közti homokbuckák mélyebb szélbarázdáiban sokfelé fellelhető, ez a képződmény világszerte ritkaságnak számít. A fehér vizekben rendszerint csak gyér vízi növényzet telepszik meg.

A fekete vizű típus, fehér vizű tavak feltöltődésével, „feliszapolódásával” jön létre, ha a biológiai produkció következtében szerves üledék jelenik meg a szikes aljzaton. A fehér vizűekkel ellentétben rendszerint fenékgig átlátszóak, sárgásbarna árnyalatú színüket kolloid humuszanyagok okozzák, melyek a feltöltődés során halmozódnak fel, de a lúgos pH hatására elfolyósodnak és lebegő állapotba kerülnek. A fekete szikes vizek már nem nyílt vízfelületek, ugyanis ezekben rendszerint gazdag vízi- és mocsári növényzet jelenik meg. A horizontális áramlásoktól szinte teljesen mentes víz különös sajátossága, hogy miután a feltöltődés nem egyenletes, ugyanabban a mederben is előfordulhat mindkét színű állapot, akár néhány centiméteres éles határvonallal.

A szikes vizek ingadozó arányú, négy komponensből álló kémiai rendszerek:

$\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{NaHCO}_3$ ,  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$  (disszociált állapotban),  $\text{CaCO}_3$  oldatlan állapotban. Nagyon sok sót tartalmazó tömény vizekben gyakran csak a  $\text{Na}^+$  marad oldatban.

A szikes jellegű kontinentális állóvizek változatosak, s körükben alapvetően három típust szokás elkülöníteni.

**Sziksós (karbonátos) vizek:** A víz kémiai összetételét a  $\text{Na}^+$  kation és a  $\text{CO}_3^{2-}$ , ill.  $\text{HCO}_3^-$  anionok kiugró mennyisége jellemzi. Ezekben a vizekben különösen erős lúgosság tapasztalható, ami a nátriumkarbonát kémiai tulajdonságainak következménye.

**Szikes (hidrokarbonátos) vizek:** A víz kémiai összetételét a  $\text{Na}^+$  és  $\text{Mg}^{2+}$  kationok és a  $\text{HCO}_3^-$  anion döntő mennyisége jellemzi. Ezeket a vizeket általában nagyfokú egyedi és szezonális változatosság jellemzi.

**Szikes vadvizek:** A víz kémiai összetételét a  $\text{Na}^+$  és  $\text{Mg}^{2+}$  kationok és a  $\text{CO}_3^{2-}$  és a  $\text{HCO}_3^-$  anionok kiugró mennyisége jellemzi.

A kontinentális vizek általános osztályozása a következő:

| Vízípus              | Összes ion mg/l |
|----------------------|-----------------|
| Limnikus             | 0-500           |
| Halobikus (subsalin) | 500-3000        |
| (hiposalin)          | 3000-20 000     |
| (mesosalin)          | 20 000-50 000   |
| (hipersalin)         | 50 000-         |

A szikes vizek járta területeken két speciális talajtípus alakulhat ki, amelyek vízborítás estén a szikes állóvizek medreként szolgálnak, száraz időszakban pedig szikes vegetációnak adnak otthont.

A **szolonszák** típus jellemzője, hogy a talaj szerkezet nélküli, humuszszegény, világos színű. A felső szintben erős sófelhalmozódás figyelhető meg, kiszáradáskor a só fehér színnel megjelenik a felszínen, amit sóvirágzásnak hívunk. A sótartalom legalább 0,3-0,5%-os, a talajvíz egész évben a felszín közelében van. A sófelhalmozódás maximuma miatt a szikes tófenékek rendszerint a szolonszák típusba sorolhatók.

A **szolonyec** típus jellemzője, hogy már van némi szerkezete a talajnak, de az A szint vékony. Sól felhalmozódás a repedezések hatására kialakuló felszín alatti, oszlopos szerkezetű B szintben van. A felszínen kóvasav tartalmú por felhalmozódás (szologyosodás) figyelhető meg, a talajvíz mélyebben van, mint az előző típusnál.

Hazai szikes vizeink ex lege védettek, mert korábban jelentős részük áldozatul esett a belvízrendezési, csatornázási, mezőgazdasági hasznosítási munkálatoknak. A fennmaradt szikes vizek Európa-szerte jelentős természeti értéket képviselnek. A hazai szikes vizek számos víztípusban előfordulnak.

**Sekély tavak:** Velencei-tó és bizonyos értelemben a Balaton.

**Kistavak:** A legtöbb hazai tipikus szikes nyíltvíz ide tartozik (Kardoskúti Fehér tó, Fülöpszállási tó, Kelemenszék, Szegedi Fehér-tó, Fülöpházi tavak). Tipikusan ezeket szokták „Szikes tavaknak” nevezni.

**Fertők:** Fertő-tó, Szegedi Gyevi-fertő (jelenleg halastó)

**Mocsarak:** Hortobágyi Kunkápolnási mocsár.

**Kisvizek** (szikes pocsolyák): Az előző vizek közelében a magasabban fekvő térszíneken mindenütt megtalálhatók.

Néhány szikes, vagy szikes jellegű állóvizünk sótartalma.

|                        |                   |
|------------------------|-------------------|
| Balaton                | 580 mg/l          |
| Fertő-tó               | 800 – 2500 mg/l   |
| Velencei-tó:           | 700-2800 mg/l     |
| Hortobágyi tavak:      | 200-700 mg/l      |
| Kisteleki nagyszéktó:  | 1 200-5 000 mg/l  |
| Kisteleki szikes árok: | 500-20 000 mg/l   |
| Szapannassék-tó        | 1 000-34 000 mg/l |

A szikes vizek élővilágát tekintve általánosságban elmondható, hogy szélsőséges ökológiai feltételrendszerük miatt széles ökológiai valenciájú, tágtűrűsű (euriök), más felszíni vizekben is előforduló (ubikvista), a sótartalommal és pH-val szemben tágtűrűsű (eurihidrion), a szikes-sós vizekre specializálódott (natronofil) és a lúgosságot jól tűrő (alkalinofil) fajok fordulnak elő benne.

Az algák közül a szikes vizekben elsősorban ubikvista, eurihidrion algafajok élnek. A faj és egyedszám a sótartalom növekedésével csökken. A fehér vizű szikesekben az algaflóra különösen szegényes. A magasabb sótartalmú vizek jellegzetessége a 2µm nagyságú pikoplankton előfordulása.

A tavaszi vízborítás utáni kiszáradást követően a szárazra kerülő medrekben gazdag halofita, és xenofita gyeptársulás alakul ki.

A bennük élő egysejtűek jelentőségét elsősorban az adja, hogy táplálékszervezetei a planktonikus kistrákoknak.

A zooplankton szervezetek közül a közepes nagyságú (100-1000 µm) méretű fajok, elsősorban evezőlábú rákok (Copepoda) ágascápú rákok (Cladocera), és kisebb mennyiségben kerekcsigák (Rotifera) fordulnak elő bennük.

A szikes vizek makrozoobentosz faunája alapvetően különbözik az „édesvizek” faunájától. A bentoszt alapvetően kevésértékű gyűrűsférgek (Oligochaeta), fonalférgek (Nematoda), kétszárnyú rovarok lárvái (Diptera), puhatestűek (Mollusca) alkotják. Érzékenyebb rovarrendek (Ephemeroptera, Odonata), a magas sótartalmú szikesek bentoszában nem élnek.

Az őszi és tavaszi vízbőség időszakában a szikes vizek nagy felületű, sekély vizes élőhelyek szövevényét alkotják, az Alföld szikes régióiban. Ilyenkor a szikes vizek hasonlatosak a Tundra vidék vizeihez, így a tundrán fészkelő és vonuló madarak számára tradicionális élőhelyekké válnak. A Ramsari egyezmény által jegyzett hazai vizes élőhelyek közül 6 területe jelentős részben szikes.

A halak, kételtűek, és hullók között kifejezetten natrofil fajokat nem találunk, a magasabb sótartalmú vizekben ezek nem fordulnak elő. A sótartalom csökkenésével az átlagos állóvízi fauna megjelenése jellemző.

Szikes paradoxonként emlegetik, hogy az az általános törvényszerűség, hogy egy élőhelyen a fajszám csökkenése általában azzal jár, hogy az előforduló fajok egyedszáma nő, a szikesekben nem érvényes. Bennük a sótartalom növekedésével mind a fajszám, mind az egyedszám csökken. A szikes vizek sajátosságai hazánkban rendszeresen a tudományos érdeklődés középpontjában állnak. Áttekintő kutatási összefoglalót szerkesztett Ponyi és Dévai (1999), valamint Dévai és Vörös (2010), míg a Hortobágyi vizek sajátosságait Aradi és Góri (2010) foglalták össze.

## 2. Termálvizek

Termálvíznek, vagy hévíznek azt a rétegvizet nevezzük, amelynek hőmérséklete eléri, vagy meghaladja a 30 °C-ot. A víz hőfokát, az adott terület geotermikus gradiense határozza meg. Európában ez az érték átlagosan 33 m/°C, Magyarországon 20 m/°C. Ez a sajátosság egyrészt annak a kedvező körülménynek köszönhető, hogy a föld szerkezetének kialakulása során úgy alakult, hogy a Kárpát-medence alatt a földkéreg viszonylag vékony – 23-27 km – lett, s emiatt a felszínhez közel van a magas hőmérsékletű földköpeny. A másik fontos körülmény, hogy a magas hőmérsékletű földköpeny fölött vizet tároló és azt leadni képes képződmények vannak, amiket vízáadó rétegeknek nevezünk. Ilyen vízáadó rétegek kialakulásához a Kárpát-medence földtörténeti fejlődése során kialakult állapotok kedvező körülményeket biztosítottak. Magyarországnak gyakorlatilag nincs olyan része, ahol a felszín alatt ne fordulnának elő jó vízáadó tulajdonságú képződmények, de különösen az Alföld igen gazdag ezekben. A bennük tárolt vizek – a geotermikus gradiensnek megfelelő mértékkel – mélységgel arányosan növekvő hőfokúak. Hazánk hévízkészlete világviszonylatban is jelentős, európai viszonylatban pedig egyedülálló. Jelenleg közel 1300 regisztrált termálkút van üzemben. Azok a termálvizek, amelyek valamilyen oldott ásványi anyagokat is tartalmaznak, igen sokszor gyógyhatásúak, azaz fürdő- és/vagy ivókúrára alkalmasak.

A termál és gyógyvizeket, a jelenleg ismert és előforduló alkotórészek figyelembevételével a következők szerint lehet osztályozni.

**Egyszerű termál vizek**, amelyek hőmérséklete 30 °C-nál magasabb, de nem tartalmaznak semmiféle ásványi anyagot, szokatlan mennyiségben. Hazánk nagy részén megtalálhatók.

**Szénsavas vagy savanyúvizek** azok, amelyek egy literében 0,6 grammnál több hidrogén-karbonát található. Elsősorban vulkanikus kőzetanyagú hegységekben, ill. azok peremein találhatók. Általában ásványvízként kerülnek forgalomba, de nagyon sok esetben gyógyászati célokra is felhasználják.

Az **alkalikus vizek**ben főképp nátrium-, és hidrogén-karbonát-ionok vannak. Leggyakrabban ivókúrára használják, alkalmasak a gyomor-, bélhurut, gyomorsavtúltengés, vagy légúti hurut kezelésére is.

A **kénés gyógyvizek**, a ként kén-hidrogén, karbonil-szulfid, ritkábban nátrium-szulfid, kalcium-szulfid formában tartalmazzák. A kén vegyületek a bőrön át és a légzés során is bejuthatnak a szervezetbe. Javítják a szív vérellátását azáltal, hogy a szívkoszorúereket kitágítják, ugyanakkor az érfalakba beépülve gátolják a koleszterin lerakódását.

A **meszes jellegű vizek** azok, amelyekben a  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ , és a  $\text{HCO}_3^-$  arány meghaladja az összes ionok 20% -át. A Ca és Mg hatására a baktériumölő sejtek száma megnövekszik, ezáltal gyulladáscsökkentő.

A **késérű vizek** jellegzetesen keserű ízüket a szulfáttal adja, de a glaubersós vizek ezen felül még nátriumiont, a keserűsós vizek magnéziumiont is tartalmaznak. Hígítva a gyomor-, bél-, máj-, epebetegség ivókúrájára használják, hashajtóhatásuk közismert.

A **sós vizek**ben a  $\text{Na}^+$  és  $\text{Cl}^-$  ion tartalom az összes ásványi anyag 20% -ánál magasabb. A só a bőrhez tapadva ingerhatást fejt ki, s a szervezet immunrendszerét aktívan tartja.

**Jódos, brómos vizek** elsősorban az alföldi mélyfűrésű kutakban találhatók. A jód vegyületek általában olyan vizekben fordulnak elő, amelyek általában sósak is. Ivókúrában a jód a pajzsmirigyre erőteljesen hat, de ezek a vizek gyulladáscsökkentő hatásúak is.

A **vasas vizek** egy literében 0,03 grammnál több szénsavas vas van. Többnyire sok szabad széndioxid, szénsavas nátrium és kalcium, néha konyhasó, esetleg kénsavas nátrium mellett. Eszerint beszélhetünk tisztán vasas vizekről, alkális, alkális-konyhasós, földes és glaubersós vasas vizekről. A vasas fürdőkben a vas a bőrön át szívódik fel a szervezetbe, de a vashiány okozta vérszegénység esetén inkább ivókúrára alkalmazzák.



A **radonos vizek** a mélyebb rétegekben lévő rádium bomlásából nyerik a radioaktív radont, ami bőrön keresztül és légzés útján is a szervezetbe kerülhet. Kis mennyiségben a bejutott radonnak fájdalomcsillapító hatása van, és befolyásolja a belső elválasztású mirigyek működését, és az anyagcserét.

Mindezekon túl a termálvizekben számos mikroelem is megtalálható (vanádium, króm, mangán, kobalt, nikkel, arzén, bróm, gallium, rubídium, germánium, stb.). Mindezekre az elemekre általában igaz, hogy kis mértékben pozitív hatást fejtenek ki, de nagymértékben károsak.

A termálvizek felhasználhatók energiatermelésre, haltenyésztésre, zöldségtermesztésre is, de ezekre a használati módokra elsősorban az egyszerű termálvizeket szokás használni.

A mélyből nyert termálvizekben természetesen nincsenek élőlények, de Hidroökológiai szempontból a termálvizeknek olyan értelemben van jelentőségük, hogy milyen állapotban és milyen mennyiségben kerülnek ki természetes vizekbe. Felszíni vizeink ugyanis mind hőmérsékletben, mind az oldott anyagaikban jelentősen különböznek ezektől a vizektől, így használatuk után közvetlenül a természetes vizekbe nem bocsáthatók.

Ebből a szempontból a legelőnyösebb megoldás, ha a használt vizet visszapréselik a vízáadó rétegbe. Ez nyilvánvalóan költségesebb, mintha egy elfolyó szállítaná el, leginkább akkor szokták alkalmazni, ha a környezetszennyezésért kapható bírság ennél is nagyobb, vagy az adott üzem működésének feltételül szabják.

A használat után lehűlt vizek általában közcatornába, belvízelvezető csatornába, ill. természetes vizekbe kerülnek. A hévizek jelentős részénél a hőmérséklet, az összes sótartalom, illetve a nátrium egyenérték % meghaladná a felszíni vízfolyásokba és közcatornába szennyvízbírság nélkül bevezethető terhelési határértéket, amennyiben a felhasználás után közvetlenül azokba kerülne.

A hévizek a használat során általában olyan mértékben lehűlnek, hogy hőfokuk miatt külön kezelést nem igényelnek, de a hévízhasznosító és elvezető rendszereket biztonsági okokból úgy építik meg, hogy az elvezetés előtt van egy olyan biztonsági tározó, amivel a hévizet legalább 40 °C alá lehet hűteni. A környezethez képest magasabb vízhőmérséklet ugyanis hőszennyezésnek minősül, és az ilyen hőfokú víz bevezetése átrendezné a befogadó eredeti ökológiai rendszerének működését. Elősegítené a melegkedvelő fajok elszaporodását, csökkentené az oldott oxigéntartalmat.

Az általában magas sótartalom eltávolítása rendkívül költséges lenne, így a sótartalom csökkentésének legkézenfekvőbb módja a hígítás, amit vagy közvetlenül a használat után elfolyó víz esetében lehet alkalmazni, vagy a termálvizet egy átmeneti tározóba helyezik, és onnan nagyvizes időszakban engedik ki, nagyfokú hígítással.

Egyes anyagok még így is okozhatnak problémát, mint például a fenolok, amik még jelentős hígulás esetén is a vízben lévő halak húsának kellemetlen fenolos mellékízűt kölcsönöznek.

### 3. Tesztfeladatok .

---

## 16. fejezet - Irodalomjegyzék

Ács Éva 2007: A Velencei-tó bevonatlakó algáinak tér- és időbeli változása, kapcsolata a tó ökológiai állapotával. In: Dévai György-Nagy Sándor Alex (szerk) 2007: Hidrobiológiai monográfiák I. kötet – Acta Biol. Debr. Oecol. Hung. 17: 111pp.

Aradi Cs., Góri Sz. 2010: A Hortobágy vizei – Acta Biol. Debr. Oecol. Hung. 24/1:55-66.

Bíró Péter 1984: Lake Balaton: a shallow Pannonian water in the Carpathian Basin, Chapter 9, p 231-245. In: Frieda Taub (ed) 1984: Ecosystems of the World 23, Lakes and Reservoirs – Elsevier, Amsterdam-Oxford-New York-Tokyo.

Bíró Péter (szerk) 2009: Balaton-kutatásról mindenkinek – Magyar Tudományos Akadémia Balatoni Limnológiai Kutatóintézet, Tihany, ISBN: 978 963 06 7828 5, 1-248.

Bíró Péter 2011: Vizsgálati módszerek és eljárások a halbiológiában – Debreceni Egyetemi Kiadó, ISBN: 978 963 318 113 3, 1-272pp.

Dévai Gy., Vörös L. (szerk) 2010: Tanulmányok a Pannon ökorégió szikes Víztereiről I. kötet – Acta Biol. Debr. Oecol. Hung. 22., 208pp.

Dévai Gy., Aradi Cs., Csabai Z., Nagy S. 2000: Javaslat a természeti rendszerek fő vízforgalmi típusainak elkülönítésére és ökológiai vízigényük meghatározására. – In: Gyulai F. (szerk.): Az agrobiodiverzitás megőrzése és hasznosítása. Szimpózium Jánossy Andor emlékére, Budapest & Tápiószéle, 2000. május 4–6. – Agrobotanikai Intézet, Tápiószéle, p. 59–64.

Dévai Gy., Nagy S., Wittner I., Aradi Cs., Csabai Z., Tóth A. 2001: A vízi és a vizes élőhelyek sajátosságai és tipológiája. In: Böhm A. – Szabó M. (szerk.): Vizes élőhelyek: a természeti és a társadalmi környezet kapcsolata. In: Szabó M. (sorozatszerk.): Tanulmányok Magyarország és az Európai Unió természetvédelméről. – ELTE-TTK & SZIE-KGI & KöM-TvH, Budapest, p. 11–74.

Dévai Gy., Végvári P., Nagy S., Bancsi I. (szerk.) 1999: Az ökológiai vízminősítés elmélete és gyakorlata 1. rész. – Acta Biol. Debr. Oecol. Hung. 10/1. 216 pp.

Dévai Gy., Végvári P., Nagy S., Bancsi I., Müller Z., Csabai Z., Bárdosi E., Góri Sz., Grigorszky I., Győriné M. B., Juhász P., Kaszáné K. M., Kelemenné Sz. E., Kiss B., Kovács P., Macalik K., Móra A., Olajos P., Piskolczi M., Teszárné N. M., Tóth A., Turcsányi I., Zsuga K. 1999: A Boroszló-kerti-Holt-Tisza ökológiai vízminősége – Acta Biol. Debr. Oecol. Hung. 10/1: 13-216.

Dévai György (szerk) 1992: Vízminőség és ökológiai vízminősítés – Acta Biol. Debr. Oecol. Hung. 4: 240pp.

Dévai György, Aradi Csaba, Wittner Ilona, Olajos Péter, Góri Szilvia, Nagy Sándor 2001: Javaslat a Tiszai-Alföld vízi és vizes élőhelyeinek állapotértékelésére a holtmedrek példáján. In: Borhidi Attila-Botta-Dukát Zoltán (szerk) Ökológia az ezredfordulón III. – Magyar Tudományos Akadémia, Budapest, p. 183-205.

Dévai György, Grigorszky István, Nagy Sándor Alex (szerk) 2011: Tanulmányok az Európai Unió víz keretirányelvének magyarországi bevezetéséről – Acta Biol. Debr. Oecol. Hung. 25: 171pp.

Fekete G., Molnár ZS., Horváth F. (szerk.) 1997: A magyarországi élőhelyek leírása, határozója és a Nemzeti Élőhely-osztályozási Rendszer. Nemzeti Biodiverzitás-monitorozó Rendszer II. – Magyar Természettudományi Múzeum, Budapest, 374 pp.

Felföldy Lajos 1981: Vizek környezettana – Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 1-290pp.

Gibbs, R. J. 1971: Amazon river: environmental factors that control its dissolved and suspended load – Science 56:1734-1736.

Grigorszky István, Farkas Anna, Nagy Sándor Alex, Dévai György (szerk.) 2011: Hidroökológiai tanulmányok a Trans-Tisza network program keretében – Acta Biol. Debr. Oecol. Hung. 27: 249pp.

- Harka Ákos, Sallai Zoltán 2004: Magyarország halfaunája – Nimfea Természetvédelmi Egyesület, Szarvas, ISBN: 963 86475 3 1, 1-269pp.
- Lajter I., Lucza Z., Szabó L. J., Tóth A., Dévai Gy., Nagy S. A. 2012: Talajvízviszonyok hidroökológiai szempontú elemzése a Bereg–Szatmári-síkágon. – Acta biol. debrecina, Suppl. ecol. hung. 27: 111–133.
- Lászlóffy Woldemár 1982: A Tisza - vízi munkálatok és vízgazdálkodás a tiszai vízrendszerben – Akadémiai Kiadó, Budapest, 610pp.
- Majer József 1994: Az ökológia alapjai – Szaktudás Kiadó, Budapest, 246pp.
- Majer József 2004: Bevezetés az ökológiába – Dialóg Campus Kiadó, Budapest-Pécs, 254pp.
- Marosi S., Szilárd J. (szerk.) 1969: A tiszai Alföld. In: Pécsi M. (sorozatszerk.): Magyarország tájféldrajza 2. – Akadémiai Kiadó, Budapest, 383 pp., 8 ábramelléklet, 12 képtábla, 1 térképmelléklet.
- Michael Goulding, Mirian Leal Carvalho and Efrem G. Ferreira 1988: Rio Negro Rich Life in Poor water – SPB Academic Publishing 2509 GC The Hague, The Netherlands, 200 pp.
- Mitsch, W.J., Gosselink, J.G. 1993: Wetlands. 2nd edition. – Van Nostrand Reinhold, New York, XIII + 722 pp.
- Nosek János, Oertel Nándor 2007: „A Dunának, mely múlt, jelen s jövő” - 50 éves az MTA Magyar Dunakutató Állomása (1957-2007) – MTA ÖBKI –MDA, Göd-Vácrátót, 192pp.
- Padisák Judit 2005: Általános Limnológia – ELTE Ötvös Kiadó, Budapest, 310pp.
- Pálfi I. 2000: Az Alföld belvízi veszélyeztetettsége és aszályérzékenysége. In: Pálfi I. (szerk.): A víz szerepe és jelentősége az Alföldön. A Nagyalföld Alapítvány kötetei 6. – Nagyalföld Alapítvány, Békéscsaba, p. 85–95., 1 térképtábla, 1 fényképtábla.
- Pintér Károly 1989: Magyarország halai – Akadémiai Kiadó, Budapest, ISBN:963 05 4926 3, 1-202pp.
- Ponyi J., Dévai Gy. (szerk.) 1999: A Magyarországi szikes vizek kutatásának újabb eredményei – Acta Biol. Debr. Oecol. Hung. 9., 292pp.
- Sioli, H. 1968: Hydrochemistry and geology in the Brazilian Amazon region – Amazoniana 1(3):267-277.
- Smith, R.L. 1996: Ecology and field biology. 5th edition. – Harper Collins College Publishers, New York, XIX + 740 + G-16 + B-48 + A-3 + I-16 pp.
- Speciár András 2010: A Balaton halfaunája: A halállomány összetétele, az egyes halfajok életkörülményei és a halállomány korszerű hasznosításának feltételrendszere – Acta Biol. Debr. Oecol. Hung. 23: 7-185.
- Széchenyi István 1846: Eszmetöredékek, különösen a Tisza-Völgy rendezését illetőleg – Alsó-Tisza-vidéki Vízügyi Igazgatóság (emlékkötet) 73pp.
- Szlávik L. (szerk.) 2006: A Duna és a Tisza szorításában. A 2006. évi árvizek és belvizek krónikája. – Közlekedési Dokumentációs Kft., Budapest, 304 pp.
- Szlávik L. 2000: 8. Árvízvédelem. In: Somlyódy L. (szerk.): A hazai vízgazdálkodás stratégiai kérdései. – Magyar Tudományos Akadémia Vízgazdálkodási Tudományos Kutatócsoportja, Budapest, p. 207–243.
- Tóth Albert (szerk) 2003: Tisza-völgyi tájváltozások – Alföldkutatásért alapítvány, Kisujszállás, 160pp.
- Uherkovich, G. and H. Rai 1979: Algen aus dem Rio Negro und seinen nebenflüssen – Amazoniana 6(4):611-638-
- Virág Árpád 1996: A Balaton múltja és jelene – Egri Nyomda Kft., Eger, ISBN: 963 9060 21 6, 1-904pp.
- Vörös Lajos (szerk) 2011: Balatoni természetkalauz – Magyar Tudományos Akadémia Balatoni Limnológiai Kutatóintézet, Tihany, ISBN: 978 963 89460 0 3, 1-127pp.

Zólyomi B. (terv) (1981): Magyarország természetes növénytakarója. – Kartográfiai Vállalat, Budapest, 630082. számú térképlap

<http://hu.wikipedia.org/w/index.php?title=F%C3%A1jl:Duna-térkép>

[http://hu.wikipedia.org/w/index.php?title=F%C3%A1jl:Iron\\_Gate\\_Danube](http://hu.wikipedia.org/w/index.php?title=F%C3%A1jl:Iron_Gate_Danube)

<http://hu.wikipedia.org/wiki/F%C3%A1jl:Donauquelle.jpg>

[http://hu.wikipedia.org/wiki/F%C3%A1jl:Tysa\\_Rakhiv.jpg](http://hu.wikipedia.org/wiki/F%C3%A1jl:Tysa_Rakhiv.jpg)

<http://tiszatohogasz.gportal.hu>

[www.800px-map-tundra.png](http://www.800px-map-tundra.png)

[www.baixaki.com.br](http://www.baixaki.com.br)

[www.felsofokon.hu](http://www.felsofokon.hu)

[www.google-images](http://www.google-images) for északi sark

[www.keptar.honvedklub.hu](http://www.keptar.honvedklub.hu)

[www.kotikovizig.hu/index.php](http://www.kotikovizig.hu/index.php)

[www.mixoline.hu](http://www.mixoline.hu)

[www.termeszettarator.network.hu](http://www.termeszettarator.network.hu)

[www.vilaglex.hu](http://www.vilaglex.hu)

[www.wikipedia.org/wiki/antarktiszű](http://www.wikipedia.org/wiki/antarktiszű)

[www.wikipedia/ancient\\_balaton.jpg](http://www.wikipedia/ancient_balaton.jpg)/Kovács Ádám

[www.wikipedia/NASA Landsat7 image](http://www.wikipedia/NASA_Landsat7_image)