

**NEMZETI KÖZSZOLGÁLATI EGYETEM  
KATONAI MŰSZAKI DOKTORI ISKOLA**

**Hegedűs Hajnalka**

**Magyarország felszín alatti vizeinek  
fenntartható minőségvédelme a jogi  
szabályozás és a lehetséges javító  
tevékenységek tükrében**

Doktori (PhD) értekezés

**Témavezető: Prof. dr. Földi László ezredes**

**BUDAPEST, 2018**

# TARTALOMJEGYZÉK

A TUDOMÁNYOS PROBLÉMA MEGFOGALMAZÁSA	4
A FELDOLGOZOTT IRODALOM, JOGSZABÁLYOK ÁTTEKINTÉSE, AZOK ESETLEGES HIÁNYOSSÁGAI	6
A DOLGOZAT FORMAI FELÉPÍTÉSE	8
A DOLGOZAT TARTALMI FELÉPÍTÉSE	8
HIPOTÉZISEK	10
KUTATÁSI CÉLKITŰZÉSEK	12
KUTATÁSI MÓDSZEREK	13
<b>1. FEJEZET</b>	
A VÍZ JELLEMZÉSE, AZ IVÓVÍZ SZEREPE	15
1.1. A VÍZ KÉMIAI, BIOLÓGIAI ÉS FIZIKAI PARAMÉTEREI	15
1.1.1. A víz fizikai tulajdonságai	15
1.1.2. A kémiai tulajdonságok	17
1.1.3. A víz biológiai ismertetői	19
1.2. A VÍZ KÜLÖNLEGES VISELKEDÉSE	20
1.3. A VÍZ ÉLETTANI SZEREPE	24
1.4. A FÖLD VÍZKÉSZLETE	25
1.5. MAGYARORSZÁG VÍZKÉSZLETE	29
1.5.1. Felszíni vizek	29
1.5.1.1. Állóvizek	30
1.5.1.2. Folyóvizek	33
1.5.1.3. Holtágak	35
1.5.1.4. Források	36
1.5.2. Felszín alatti vizek	37
1.6. VÍZBÁZISOK, VÍZKIVÉTELI PONTOK	38
1.7. A KLÍMAVÁLTOZÁS HATÁSAI A KÁRPÁT-MEDENCÉRE, HAZÁNK VÍZKÉSZLETEIRE	44
1.8. RÉSZKÖVETKEZTETÉSEK	47
<b>2. FEJEZET</b>	
AZ IVÓVÍZBIZTONSÁGOT VESZÉLYEZTETŐ TÉNYEZŐK	49
2.1. KOCKÁZATI TÉNYEZŐK	49
2.1.1. Természeti eredetű kockázati tényezők	49
2.1.1.1. Földrajzi helyzetünk	49
2.1.1.2. Árvíz	50
2.1.1.3. Belvíz	52
2.1.1.4. Esőzések	53
2.1.1.5. Aszály	54
2.1.2. Kockázatos emberi tevékenységek	57
2.1.3. Kockázatos területhasználati módok	63
2.1.4. Szándékos károkozás, szabotázs	67
2.1.5. Egyéb szennyezési módok	68
2.2. SZENNYEZÉSEK CSOPORTOSÍTÁSA	69
2.2.1. Szennyezés helye alapján	69
2.2.2. Szennyezés kiterjedése, koncentrációja és halmazállapota alapján	69
2.2.3. Szennyezőanyagok származása alapján	71
2.2.4. Kémiai szerkezet alapján	76

2.2.5. Az élő szervezetekre gyakorolt hatás: toxikus, mutagén, teratogén, karcinogén	83
2.2.6. Radioaktív anyagok	85
2.3. RÉSZKÖVETKEZTETÉSEK	88

### **3. FEJEZET**

A VÍZMINŐSÍTÉST ÉS VIZEINK VÉDELME T SZOLGÁLÓ JOGSZABÁLYOK KRITIKAI ELEMZÉSE	90
3.1. VÍZMINŐSÉG, AZ IVÓVÍZ MINŐSÍTÉS JOGSZABÁLYI HÁTTERE	90
3.1.1. A vizek osztályozását célzó jogszabályok	93
3.1.2. A víz minősítése a Víz Keretirányelvek alapján	98
3.2. AZ IVÓVÍZ MINŐSÍTÉST CÉLZÓ JOGSZABÁLYOK	103
3.2.1. A jelenleg érvényben lévő szabványügyi vizsgálatok megfelelése, kompatibilitása a vízszennyezések típusaival	105
3.2.2. A kritikus infrastruktúraelemek kijelölését célzó jogszabályok	113
3.2.3. A lehetséges KI elemek bemutatása	116
3.2.3.1. A vízbeszerző létesítmények	116
3.2.3.2. A lefoglalt vízbázisok típusai	117
3.2.3.3. A lehetséges víziközművek	119
3.3. A VÉGREHAJTÁSI RENDELET FOGALMI ÉRTELMEZÉSEINEK PROBLÉMÁI	119
3.4. A VÉGREHAJTÁSI RENDELET HORIZONTÁLIS KRITÉRIUMAINAK VALÓ MEGFELELŐSÉG HIÁNYOSSÁGAI	121
3.5. RÉSZKÖVETKEZTETÉSEK	123

### **4. FEJEZET**

A SZENNYEZETT VIZEK KEZELÉSE, TISZTÍTÁSA, A VÍZMINŐSÉGI KÁRELHÁRÍTÁS	126
4.1. FOLYAMATOS TISZTÍTÁS – IVÓVÍZ, SZENNYVÍZ	128
4.1.1. A mechanikai (primer) szennyvíztisztítás módszerei	129
4.1.2. A biológiai (szekunder) szennyvíztisztítás	130
4.1.3. A harmadlagos (tercier) szennyvíztisztítás	131
4.2. IPARI VIZEK TISZTÍTÁSA	134
4.3. EGYSZERI, HAVÁRIA SZENNYEZÉSEK TISZTÍTÁSA	134
4.3.1. Fizikai és kémiai módszerek	136
4.3.2. Biológiai eljárások	141
4.4. A KÖRNYEZETI KÁRELHÁRÍTÁSJOGSZABÁLYI HÁTTERÉNEK HIÁNYOSSÁGAI	152
4.5. RÉSZKÖVETKEZTETÉSEK	155

AZ ELVÉGZETT KUTATÓMUNKA ÖSSZEFOGLALÁSA	157
ÖSSZEGZETT KÖVETKEZTETÉSEK	157
ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK, TÉZISEK	158
KUTATÁSI EREDMÉNYEK GYAKORLATI FELHASZNÁLHATÓSÁGA	159

AJÁNLÁSOK	160
TÉMAKÖRBŐL KÉSZÜLT PUBLIKÁCIÓIM	162
IRODALOMJEGYZÉK	163
Ábrák és táblázatok jegyzéke	174
Mellékletek	
1. Feldolgozott jogszabályok jegyzéke	177
2. Vízminősítési kérdésekben meginterjúvált cégek jegyzéke	179
3. Rövidítések jegyzéke	180
4. Kérdőív	182

## A TUDOMÁNYOS PROBLÉMA MEGFOGALMAZÁSA

A víz az élet. A földi élőlényeket 70-90 %-ban víz építi fel, életközegük, elsődleges táplálékuk is a víz. Bár a Kék Bolygón megfelelő mennyiségű víz található, a ténylegesen fogyasztásra alkalmas és rendelkezésre is álló édesvíz a teljes mennyiség 1 %-át sem éri el [1]. Ezzel a csekély mennyiséggel azonban nem megfelelően, nem fenntartható módon gazdálkodunk. Korunk egyik legfontosabb problémáját az éghajlatváltozás, illetve az annak eredményeképpen fellépő szélsőséges klímaesemények – mind éghajlati, mind meteorológiai – okozzák, amelyek a Kárpát-medence ökológiai, társadalmi és gazdasági folyamataira is hatással vannak. Az elmúlt évek, évtizedek szélsőséges éghajlathoz köthető eseményei nem csak számukban, de intenzitásukban is megnövekedtek. Nem csak az árvizek száma és a velük levonuló víz mennyisége, illetve az elhúzódozó aszályok jelentenek komoly problémát, hanem azok igen intenzív váltakozása is. Sokszor egy-egy árvízről, nagy esőzésekről sújtott területen az árhullám levonulta után 2-3 hónappal jelentős aszály és hóhullám alakul ki ugyanott. Igen rövid időn belül Földünk eljutott odáig, hogy az eredetileg a globális felmelegedésről szóló klímaváltozás fogalma már magába foglalja az éghajlat szélsőséges változékonyságát, egyes területeken nem ismert éghajlati jelenségek megjelenését, és ezzel párhuzamosan, az általuk befolyásolt ökoszisztémára, a bennük foglalt vízbázisokra és a mögöttes társadalomra gyakorolt hatásokat is.

A klímaváltozás következtében fellépő globális felmelegedés nyomán is felértékelődött a víz jelentősége. Nem csak a folyószabályozások, a nem megfelelő földhasználat, a vízkivételi módok, de az egyre gyakoribb aszályos időszakok, a csökkenő vízutánpótlás miatt a vizes élőhelyek mérete csökken. Óvatos becslések szerint is a Földön a lakosság 40-45 %-a nem jut napi szinten megfelelő mennyiségű és minőségű ivóvízhez.

A legszkeptikusabb forgatókönyvek szerint például Fokváros 2018 tavaszára eljuthat arra a katasztrofális szintre, hogy elfogy a 2,5 milliós városban az ivóvíz. [2]

Földünkre általánosságban elmondható, hogy annak túlhasználtsága, a környezeti erőforrások túlzott kiaknázása magával vonta a társadalmi habitus megváltozását is. Az egyes meteorológiai események manapság teljesen más hatást gyakorolnak a lakosságra, mint évszázadokkal ezelőtt. Az egész emberiség sokkal érzékenyebb és sérülékenyebb lett a klímaváltozás hatásaival szemben. Az emberek jelentősen átalakították környezetüket, az őket körülvevő, és rájuk hatást gyakorló ökoszisztémával egyetemben. Ráadásul a népesség nagyobb hányada városi körülmények között él, amely a beépített területekkel, az azok által generált hőhatásokkal kitartó hőség,

hőhullámok idején megnöveli az emberek érzékenységét is. A klímaváltozás jelentős hatással bír az ökoszisztémára, ami viszont befolyásolja a mezőgazdaságot, a vízgazdálkodást, ivóvízellátást, az embereket. Az egyre elkényelmesedő társadalmat igen érzékenyen érintik a változások, még akkor is, ha a kényelmünket és védelmünket szolgáló technika fejlődési sebessége jóval gyorsabb, mint a klímaváltozásé. Ezek a változások visszahatnak az egész emberiségre. A megfelelő mennyiségű és minőségű ivóvíz, illetve annak esetleges hiánya ezáltal egyre inkább alkalmas társadalmi problémák generálására, a bizonytalanság fenntartására, tehát a víz (nemzet)biztonsági tényező is.

Hazánk földrajzi elhelyezkedése és földtörténeti „múltja” alapján igen gazdag és jó minőségű vízkészletekkel rendelkezik, amely helyes üzemeltetéssel önmagában biztosíthatná a lakosság megfelelő és hosszú távú ivóvízellátását (a vízkitermeléstől a kezelésen keresztül a fogyasztásig).

Ugyan a globális éghajlatváltozás következtében fellépő extrém meleg időszakok nálunk is éreztetik hatásaikat, de az eddigi tapasztalatok alapján a nyári hőség hatására kialakult vízfogyasztási problémákat kisebb korlátozásokkal a rendszer kezelni tudta. [3]

A víz fellelési és kitermelési helyétől a végső fogyasztásig hosszú utat kell, hogy megtegyen. A teljes láncolatban veszélyek sora léphet fel, amely a víz minőségének romlásához, vagy akár a vízbázis megszűnéséhez is vezethet. A hazai és EU-s jogszabályalkotás rendelkezik különböző jogi előírásokkal, utasításokkal és minőségügyi rendszerekkel és szabványokkal, a gyakorlati tapasztalatok azt mutatják, hogy ezek bár jó irányba mutatnak, a megfelelő célt szolgálják, viszont a problémák csak bizonyos részét tudják megoldani, részben a nem megfelelő, nem elég pontos jogszabályalkotás, részben a szabályozás mögül hiányzó gyakorlat, illetve egyes területeken a preventív szemléletmód hiánya miatt is.

A klímaváltozás, a globális szintű antropogén hatások, az éves csapadékmennyiség csökkenése, a normális és szabályos, valamint nem megfelelő vízkivételi módok, egyes természetes okok mind hatást gyakorolnak a meglévő vízbázisainkra. Jóllehet sokszor csak apróbb behatások érik vizeinket, vízbázisainkat, de a dominóhatás elve alapján, illetve a sok kis hatás összegződése miatt mégis kiemelt szintű fogyás tapasztalható a felhasználható vízmennyiségben.

A téma fontosságát és aktualitását az is jelzi, hogy Magyarországon nem csak a különféle területen dolgozó tudósokat, szakembereket, a beavatkozásban érintetteket, a

jogszabályalkotókat, de a hétköznapi embereket is egyre jobban foglalkoztatja az egészséges ivóvíz, illetve annak felhasználása kapcsán a fenntarthatóság kérdése, igaz, nem csak vízbázisok tekintetében. Ezt bizonyítja többek között az általam végzett kérdőíves kutatás is, amelyet a lakosság vízhasználati hajlandóságával és szokásaival kapcsolatban végeztem. A kérdőív által feltárt eredményeket a 3. fejezetben részletezem a lakossági ivóvízhasználat bemutatásakor.

## A FELDOLGOZOTT IRODALOM, JOGSZABÁLYOK ÁTTEKINTÉSE, AZOK ESETLEGES HIÁNYOSSÁGAI

A disszertációhoz tanulmányoztam az egyes altémákba vágó legfontosabb szakirodalmakat. Az egyes szakmai, tematikai csoportoknak megfelelően áttekintettem mind a megalapozó, korábban keletkezett irodalmakat, mind a legújabb trendeket, legfrissebb információkat tartalmazó műveket, megfelelően csoportosítottam, egymással összevettem és kritikai szempontok szerint értékeltem. Ezekhez a KSH és egyéb statisztikai intézmények, az ÁNTSZ, az egyes minisztériumok statisztikáival és számadataival is megismerkedtem, de az Európai Unió és az Európai Bizottság által publikált adatokat (Eurostat) is figyelembe vettem. Figyelmet fordítottam arra, hogy a témában megismerjem az egyetemünkön és egyéb kiemelt oktatási intézményben tanító/kutató szaktekintélyek mellett az egyes témákban legtöbbször publikáló, konferenciákon előadó vagy idézett szakemberek munkásságát is. Ilyenek voltak többek között Prof. Dr. Mika János és Dr. Konyecsny Károly által az Eszterházy Károly Főiskola részére megalkotott tananyagok, illetve Dr. Szoboszlai Sándor kutatási anyagai a Szent István Egyetemen. Nem egy mérvadó egyetem és szakember tananyagait TÁMOP pályázat keretein belül Digitális Könyvtárban teszik közzé, melyek szintén megtalálhatóak a feldolgozott irodalmaim között.

Kiemelt figyelmet kaptak azon irodalmak, amelyek mögött gyakorlati kutató tevékenység is meghúzódott, mint például a remediációs kárelhárítással foglalkozó mérnöki céget is működtető, vagy a kárelhárításban, esetleg jogszabályalkotásban is részt vevő tanárok és professzorok (pl. Dr. Bognár Balázs, OKF) által publikált (tan)anyagok, tudományos cikkek, valamint a MTA szakemberei által szerkesztett anyagok és összeállított nemzeti stratégiák, például a Somlyódi László akadémikus által 2011-ben szerkesztett kiadvány.

A téma fontosságát mutatja, hogy az elmúlt időszakban alma materünkben is nem egy PhD értekezés született az egészséges és biztonságos ivóvízellátással kapcsolatban,

többek között Dávidovits Zsuzsanna „A lakossági ivóvízellátásról és vízbiztonsági tervezésről” szóló, avagy Kállai Ernő, a „Magyar Honvédség vízellátásáról és víztisztítási tevékenységéről” szóló munkái is, de több, részterületekben kapcsolódó értekezést is ide sorolhatnánk.

Számos olyan irodalmi hivatkozás is található értekezésemben, melyek nem rendelkeznek nevesített szerzővel. Ezek elsődlegesen lexikonok, hatóságok és egyetemek honlapjai, valamint kémiai elemek és vegyületeik leírásaiból, illetve veszélyes anyagok adatbázisaiból származnak.

Hazánk fekvése, vízbázisaink jellege és a Duna vízgyűjtő területe miatt nagy jelentőséget kapott a hazai tematika mellett az idevágó nemzetközi szakirodalom, valamint hazánk Uniós tagsága miatt a közösségi jogi szabályozás feldolgozása és megismerése is.

Annak ellenére az éghajlatváltozás és a következtében fellépő újabb kihívások folyamatosan generálják az újabb irodalmakat, bizonyos tudományterületek egynémely klasszikus forrása még mindig tartalmaz aktuális információkat. Ez jellemzi a jogszabályi háttérrel is. Ugyan a mindenkor aktuális jogszabályok képezik a kutatásom elsődleges terepét, ugyanakkor a megfelelő (vízbázis- és infrastruktúra)védelem megismeréséhez, a megfelelő szemléletmód kialakításához szükséges volt jó néhány korábbi, már hatályát veszített jogi szabályozó megismerése is. Ide tartoznak az egyes szakterületek tevékenységeit rendező Magyar Szabványok is, amelyekhez nagyrészt viszont csak fizetés ellenében lehet hozzájutni. Ráadásul dolgozatomban egyik célja, hogy a vízbiztonság és vízminőség kérdésében megismert alapképet és keretet bemutatva felhívjam a figyelmet arra, hogy vannak hiányosságok, és hogy kidolgozott tervekkel és javaslatokkal próbáljam meg a „hézagokat” pótolni. Kutatásaim kezdete óta éppen a jogszabályalkotás területén történtek előremutató, kifejezetten pozitív változások, amelyek azonban még mindig nem oldották meg a fennálló problémákat.

A feldolgozott irodalmak esetében külön csoportot képeznek az egyes vízminősítést végző laborok akkreditálási nyilatkozatai, jegyzőkönyvei, valamint az általuk biztosított, illetve az egyéb helyeken megtalálható statisztikai adatok, kimutatások, amelyek segítségével következtetéseket is levontam, bizonyos trendekre következtettem, feltártam egyes törvényszerűségeket. A laborvizsgálatok és mérési módszerek műszaki tartalmát vizsgálva vontam le következtetéseket a jogszabályozási megfelelőségről. Fontosnak tartom megemlíteni, hogy a vízminősítéssel kapcsolatos szakirodalmak terén jelentős osztottság figyelhető meg. A szénhidrogének mint

szennyező anyagok esetében még a jogszabályalkotók is nem egyszer az angolszász csoportosításból indulnak ki, miközben a 2000-es évek folyamán nem egy olyan hazai szakirodalom született (többek között Szűcs Péter, Sallai Ferenc, Zákány Balázs tollából), amely más megközelítésben, csoportosításban jeleníti meg ezen szennyezőanyag csoportot.

#### A DOLGOZAT FORMAI FELÉPÍTÉSE

A dolgozatra vonatkozó formai követelményeket a Nemzeti Közszolgálati Egyetem 2014/2015-ös tanév doktori szabályzatának előírásai szerint alakítottam ki ([http://archiv.hhk.uni-nke.hu/uploads/media\\_items/doktori-szabalyzat\\_-hatalyos-2013\\_-10\\_-31-tol.original.pdf](http://archiv.hhk.uni-nke.hu/uploads/media_items/doktori-szabalyzat_-hatalyos-2013_-10_-31-tol.original.pdf)).

A szakirodalmi forrásokból felhasznált idézeteket az előfordulás sorrendjében szögletes zárójellel és arab számozással ellátva jelöltem, majd a dolgozat végén az „Irodalomjegyzék” fejezetben soroltam fel.

Az egyes kifejezéseket magyarázó vagy kiegészítő ismeretanyag, az idegen-nyelvű irodalmak esetleges fordításai „lábjegyzet” formában találhatóak meg.

A nem saját alkotású ábrák és táblázatok esetében a források az egyéb szakirodalmi forrásokkal folytatólagosan számozva, szögletes zárójellel kerültek feltüntetésre.

A dolgozathoz tartozik mellékletként a rövidítések listája, a feldolgozott, de nem minden esetben meghivatkozott jogszabályok jegyzéke, valamint ábra- és táblázatjegyzék, illetve a Lakossági vízfogyasztási hajlandóságot / jellemzőket vizsgáló kérdőívem.

#### A DOLGOZAT TARTALMI FELÉPÍTÉSE

Disszertációmban elsőként a víz tulajdonságait és szerepét, illetve a vízzel kapcsolatos és vízhez kötődő egyes fogalmakat, fogalomrendszereket tekintem át, amelyekre feltétlenül szükség van nem csak a víz jelentőségének megértésében, hanem a vízvédelmi, vízminőség-biztosítási rendszerek felépítésének értelmezésében is. Bár az értekezés a felszín alatti vízbázisok védelmével foglalkozik, nem tekinthettem el a felszíni vízbázisok bemutatásától sem, hiszen egyrészt egyes vízbázis-típusok közvetlen kapcsolatban vannak egymással, így az egyes víztömegek esetleges minőségi változásai közvetlen hatással bírnak a másokra; másrészt viszont a felszíni vizeink, azok növényzetének szűrő-tisztító funkciói is hatással vannak a környezetre.



Kitérek a különböző környezetbiztonsági tényezőkre, külön kiemelve azokat, amelyekre az éghajlatváltozás különösen hatással van, illetve amelyeket a víz szerepe miatt a vele való fenntartható gazdálkodás érdekében külön említeni kell. Egy alfejezet mutatja be Földünk vízkészletét, annak hozzáférhetőségét is. Itt kerülnek bemutatásra mindazon elemek is, amelyek a víz minőségére hatással vannak.

A második fejezetben a vízbiztonsági tényezőket, a vizeket veszélyeztető elemeket mutatom be. Részletezem a vízszennyezés módjait, alfejezetekre eredetük szerint a természeti és antropogén hatásokat, valamint külön bemutatom a szennyezőanyagok fajtáit, eredetük, az általuk kiváltott hatások, stb. alapján.

A harmadik fejezetben részletezem a vízminőséget biztosító hazai és EU-s jogszabályi háttérrel. Hazánk Európai Unió tagásával ezen terület jogi szabályozása is megváltozott, egyes hazai jogszabályok módosításra kerültek, másokat újonnan alkottak meg az új kihívásoknak megfelelően. A hazai vízminőségi jogi szabályozási háttérrel az EU Víz Keretirányelvének megalkotása után Magyarországon is megváltoztatták. Vizsgálom a vízminőség és -biztonság kérdéskörén belül a kritikus infrastruktúraelemek kijelölésére hivatott jogszabályi háttérrendszert is. Az új évezred új biztonságpolitikai kihívásaival párhuzamosan a védelmi igazgatási tervezés is, a sérülékeny/kritikus infrastruktúraelemek kijelölése is lendületet kapott, az elméleti szabályozás gyakorlati megvalósulási fázisba érkezett. Vélelmezem, hogy a jelenleg hatályos jogszabályok azonban mindkét területen kívánnivalót hagynak maguk után. Jelen fejezetben feltárom azokat a jogszabályi hiányosságokat és hézagokat, amelyek hatással lehetnek felszín alatti vízbázisainkra, illetve a vízminősítés kérdéseire. Rámutatok arra, hogy ezen hiányosságok léteznek, mi sem bizonyítja jobban, hogy a jogszabályalkotók is észrevették őket, kifejezetten a kritikus infrastruktúraelemek kijelölésével foglalkozó végrehajtási rendelet esetében, s annak már folyik az átdolgozása, de a kapott információk alapján az új jogszabályi variáns sem lesz elégséges a megfelelő védelem kialakításához.

Ebben a fejezetben vizsgálom az ivóvíz-minősítés rendszerét, annak szabályozási háttérrel is, áttekintve az alkalmazott minőségirányítási, szabványosítási rendszert, rávilágítva azok hiányosságaira, ellentmondásaira. A jelenleg hatályos jogszabályok szerint az ivóvízi felhasználásra kijelölt vízbázisok esetében a vízminőség ellenőrzése akkreditált laborok feladata a jogszabályi előírások mellett, azonban az ellenőrzés módszere nincs, vagy hiányosan van megadva. A fejezet a jogszabályi (rendeletek

határértékei, szabványok, szabványosított eljárások) háttérből kiragadott példáin keresztül mutatja be az előírások hiányosságait, ellentmondásait, félreérthető pontjait.

A negyedik fejezetben összegyűjtöm a szennyezett vizek kezelésének és tisztításának módszereit, illetve – a teljesség igénye nélkül – vízminőségi kárelhárítási műszaki megoldásokat is prezentálok, szembeállítva a mindennapos, általános (szenny)víz tisztítást a havária jellegű szennyezések elhárításának módszereivel. A fejezetben példákkal is bizonyítom, miért is szükséges az újabb, elsődlegesen biológiai alapú tisztítási módszerek fejlesztése, illetve az ilyen módszerekkel foglalkozó cégek, szakemberek mind nagyobb számú bevonása a védekezésbe már a védelmi tervek és riadóláncok megalkotásánál is, nem csak az egészséges környezet, de a fenntartható vízgazdálkodás és életmód szempontjából is.

Az értekezésben nem foglalkozom a 2012. január 1-jétől hatályos új Katasztrófavédelmi törvénnyel, hiszen a nevezett jogszabály a vízügyi és vízminőségvédelmi munka hatósági és szakhatósági feladatrendszerét szabályozza a hivatásos katasztrófavédelem köreiben, viszont nem érinti az általam feldolgozott témakört.

Nem dolgozom fel továbbá részletesen a 65/2004. (IV.24.) FVM-ESZCSM-GKM együttes rendeletét a természetes ásványvíz, az ivóvíz, az ásványi anyaggal dúsított ivóvíz és az ízesített víz palackozásának és forgalomba hozatalának szabályairól, valamint a 74/1999. (XII.25.) EÜM rendeletet a gyógyvizekről. Ezen szabályozások annyiban érintik csak az általam feldolgozott témát, hogy a vizek palackozásakor, illetve a gyógyvizek bármilyen formájú felhasználásakor rendszeres minőségellenőrzésnek vetik alá azokat, amelyek eredményei folyamatos visszajelzést nyújtanak az adott vízbázis minőségéről.

Kutatásaim a témában 2013-ban, a Védelmi Igazgatási MSc képzés lezárásával párhuzamosan kezdődtek, lezárásának 2017 februárját tekintem. Ezen időszak alatt nem egy, a kutatási területemet, hipotéziseimet is érintő jogszabály megváltoztatásra került (pl. KI-elemek kijelölési rendelete), melyre az adott fejezetben felhívom a figyelmet.

Az egyes fejezetekben bemutatott tudományos, szakmai és jogi háttér és problémakörök alapján az alábbi hipotéziseket állítottam fel:

#### HIPOTÉZISEK

**1. A lakossági ivóvízellátás környezetbiztonsági kockázatainak csökkentésében jelentős szerepet játszik a megfelelően kialakított és jogszabályban biztosított védelem. Ahhoz, hogy a jogszabályok betöltsék védelmi szerepüket, célszerűen kell**

**megalkotni azokat. Egyes katasztrófa-veszélyesemények, az esetleges idegenkezűség lehetősége, a rendszerváltás előtti időszak hanyag kezeléséből ránk maradt szennyezések kérdésköre olyan kockázatokat rejtenek magukban a mai napig, amelyek elemzése, felmérése alig, vagy ritkán valósul meg a vízbiztonsági tervezésben. A megelőzés elve csak akkor teljesülhet, ha olyan veszélyeket is feltárnak és figyelembe vesznek, amelyek bekövetkezési valószínűsége bár alacsony, viszont a súlyosságuk akár katasztrófális mértékű is lehet.**

**2. Az ivóvízminőségre és vízbiztonságra vonatkozó, jelenleg hatályos jogszabályok - 201/2001. (X. 25.) Korm. rendelet, illetve 6/2009. (IV. 14.) KvVM-EüM-FVM együttes rendelet – tartalmi követelményei nem elegendőek a megfelelő vízminőség biztosításához. Ezek a jogszabályok tartalmazznak olyan hézagokat, ellentmondásokat és hiányokat is, amelyek kihatással lehetnek a vízminőségre. Ráadásul az ivóvíz-minősítés esetében az ivóvíz szolgáltatásban kötelezően alkalmazott jogszabályokra és szabványügyi rendszerekre támaszkodnak. Ezen rendszerek tartalmazznak olyan elemeket, amelyeknek vagy nincs valós, gyakorlatban bevett háttere, vagy nem is arra a közegre alkalmazandóak, amelyekre előírták őket, így nem töltik be funkciójukat, vagyis nincs általános, átfogó, mindenki számára kötelező módszer.**

**3. A kritikus infrastruktúra védelem esetében a hazánkban az Uniós jogszabály-harmonizáció következtében megalkotott, jelenleg is hatályos, a felszín alatti vízbázisok védelmével foglalkozó kritikus infrastruktúra-védelmi és a hazai szintű kritikus rendszerelemek kijelölését szolgáló jogszabályok nem, vagy nem megfelelő mértékben foglalkoznak bizonyos kockázati tényezőkkel. Emellett a bennük található fogalmi háttér sem kellően egyértelmű, ami miatt a védelmi tervezés folyamatában, a kritikus infrastruktúra elemek gyakorlati kijelölésére a végrehajtási rendelet jelen formájában nem alkalmas.**

**4. A fenntarthatóság iránti igény a vízbiztonság területén is megköveteli, hogy a bekövetkezett szennyezések kárelhárítási módszerei lehetőség szerint eltolódjanak az eddig ismert és használt fizikai-kémiai módszerek irányából a környezettudatosabb, biológiai alapú módszerek részleges vagy teljes használata felé. Ehhez azonban hiányzik a már meglévő és folyamatosan kidolgozásra kerülő képességek, valamint a**

**felmerülő igények összehangolása a biológiai módszerek mihamarabbi bevonása érdekében a kárelhárításba.**

(A számmal ellátott hipotézisekhez azonos számmal tartoznak az vonatkozó célkitűzések, majd az új tudományos eredmények.)

**KUTATÁSI CÉLKITŰZÉSEK**

1. Célom, hogy a kritikus infrastruktúra elemek védelmét szolgáló jogszabályi előírások hiányosságait feltárva, az infrastruktúraelemek sérülékenységét megmutatva *bebizonyítsam*, hogy a megfelelően elkészített jogszabályi háttér hozzájárul a kockázati tényezők csökkentéséhez. Továbbá célom, hogy *külön is felhívjam a figyelmet a katasztrófaveszély-eseményekből és egyéb problémákból adódó kockázatok szem előtt tartásának fontosságára és bizonyítsam azok létjogosultságát a tervezésnél, hiszen az elmúlt évek tapasztalatainak ellenére is csak ritkán jelennek meg a tervekben. (Bár nehéz olyan veszélyeket és kockázatokat feltárni, amelyek egy adott vízgyűjtő területen, vízbázis esetében még nem következtek be, de amelyek eshetőségeivel mégis számolni kell), viszont a vízbiztonsági tervezésnél a megelőzés elve az elsődleges szempont, a hatékony védekezéshez ennek teljesülése elengedhetetlen.*
2. Célom, hogy a fogalmi háttér tisztázásával – a vízbázis és a vízkivételi pontok fogalmi keverednek és hiányosak a jogszabályi háttérben, valamint a vízkivételi pontok nem foglalják magukba az alattuk található vízbázisokat –, és a vízbázisok sérülékenységének figyelembevételével azok védelmének *hiányosságait csökkenthessük és javaslatot tehessek a megfelelő védekezési tevékenységekre a vízbiztonság javítása érdekében.*
3. Célom, hogy a vízminőségi vizsgálatokat és a vizsgálatokra vonatkozó kritériumokat tartalmazó hatályos Korm. rendeletekben, illetve az ivóvíz minősítésnél és bevizsgálásnál használt Magyar Szabványok esetében *megtaláljam azokat a jogi hézagokat, ellentmondásokat, hiányosságokat, amelyek nehezíthetik a biztonságos és megfelelő minőségű ivóvíz „előállításának” folyamatát. Az azonosításukat követően ezek bemutatásával felhívjam a jogszabályalkotók figyelmét, hogy az ivóvízbiztonság és -minőség érdekében nem elegendő és kielégítő a meglévő előírások alkalmazása, illetve hogy javaslatot fogalmazzak meg ezek jobbá tételére.*

4. Céлом, hogy a vízkárelhárítás fizikai, kémiai és biológiai módszereinek (a teljesség igénye nélküli), azok előnyeinek és hátrányainak bemutatásával és szembeállításával *rávilágítsak* arra a tényre, hogy nem elég, ha a bekövetkezett szennyezéseket – legyen az általános vagy havária jellegű szennyezés – vízbázisainkból eltávolítjuk. Törekedni kell – a *fenntarthatóság és környezettudatosság* szempontjainak térnyerése miatt is – a *biológiai háttérű, átgondolt vízszennyezés-kezelésre*, valamint az érintett szervezetek közötti gyorsabb és hatékonyabb együttműködésre.

## KUTATÁSI MÓDSZEREK

A témámmal kapcsolatos kutatásom során többféle módszert alkalmaztam, mégpedig az analízist, a szintézist, az indukciót és a dedukciót.

Az analízis módszerét alkalmazva a feltártam az egyes környezetbiztonsági tényezőket, illetve a különböző jogszabályok összegyűjtésénél is az analízis módszerét használtam, megtalálva ezzel a vízbiztonságot, kritikus infrastruktúra elemeket és vízminősítést érintő jogszabályokat. Szintén az analízis módszere valósult meg a vízbázisokat veszélyeztető tényezők felvonultatásánál. Analizáltam az ivóvízminőség ellenőrzés szabványosított háttérének feltárásakor is.

A különböző jogi szabályozók feltárása után a szintézis módszerével rendeztem össze azokat, amelyek a jelenlegi minősítési rendszerben véleményem szerint hiányosságokat, illetve fogalmi ambivalenciákat mutatnak.

Az indukció módszerét alkalmaztam, amikor az ivóvíz minősítésre vonatkozó szabványosított eljárások esetében az egyes jogszabályi határérték problémákat kiragadva rávilágítottam az eljárás mód hiányosságaira.

Deduktív módszerrel hívtam fel a figyelmet a kritikus infrastruktúra elemek kijelölésével kapcsolatos végrehajtási rendeletek problémakörére, hiszen azon problematikát a jogszabályalkotók is felismerték, lépéseket is tettek a változtatás érdekében, ugyanakkor ezek a lépések még nem elégségesek, nem töltik be szerepüket.

Kérdőíves formában kutatást végeztem a lakosság vízfogyasztási hajlandóságáról, vízhasználati módszereiről, az ivóvíz-pazarlás csökkentésének lehetőségeiről. A kérdőív a dolgozat mellékletét képezi.

A kutatási módszereim megvalósulását a következő tevékenységek segítették elő:

A témával kapcsolatos hazai és külföldi szakirodalom részletes áttekintése és kritikai értékelése.

A hazai jogszabályi háttér megismerése, kapcsolattartás a jogszabályalkotókkal, egyes szakbizottságokkal. A problémafelvetés az eddigi tanulmányaimból és munkámból, valamint személyes érdeklődésemből adódott alapvetően. Miután megfogalmazódott bennem a feldolgozni kívánt problémakör, dolgozatomhoz a szükséges információk megszerzésének elsődleges módja az idevágó irodalom feldolgozása volt. A jogszabályi háttér megismerése mellett lehetőségem volt betekintést nyerni a jogszabályalkotás folyamatába is.

Rendszeres kapcsolattartás és konzultáció a témában járatos szakemberekkel. Előadások hallgatása egyéb egyetemeken (SZIE, Pannon Egyetem) oktatóinál. Ugyanígy nem egyszer találkoztam a hazai katasztrófavédelem rendszerében dolgozó elméleti és gyakorlati szakemberekkel, részt vettem szakmai továbbképzéseken, stb.

Vízminősítő laborok látogatása, konzultáció laborvezetőkkel: A vízminősítés, az ivóvízvizsgálat kérdésében telefonon és személyesen is értekezve velük, illetve többszöri látogatással ismertem meg egyes laborok mindennapos vízminősítéssel kapcsolatos munkáit, eszközeit, minőségirányítási rendszereit (ezek részletes listája az értekezés mellékleteként megtalálható).

Szennyvíztisztító üzemek látogatása információszerzés és az új technológiák megismerésének céljából. Ezek esetében nem csak a folyamatot ismerhettem meg részletesen, hanem a legújabb tisztítási technológiákat, a biológiai folyamatok bevezetésével a fenntarthatósági törekvéseket és környezetkímélőbb módszereket is. Mindemellett első kézből értesülhettem az aktuális tendenciákról, ugyanakkor tájékoztatást kaptam a meglévő hiányosságokról (pl. a szennyezett iszap elhelyezésének kérdése), az újabb keletű problémákról is (a vízből nem kiszűrhető anyagok, a víztakarékosabb életmód miatt besűrűsödő szennyvíz, stb.).

Lehetőségem nyílt eddigi kutatási eredményeim nyilvános bemutatására konferencia előadások és publikációk formájában, valamint részt vettem konferenciakötetek szerkesztésében és kiadásában.

Korábbi munkahelyemen (Konrad-Adenauer-Stiftung) több olyan nemzetközi szakmai konferenciát szerveztem, amelyek a fenntarthatóság, az erőforrásaink kérdéseivel foglalkoztak. Részt vettem Stuttgart város volt főpolgármesterének, Prof. dr. Wolfgang Schuster: Fenntartható városok – a jövő életterei című könyvének magyar kiadásában lektorként és szerkesztőként.

## 1. A VÍZ JELLEMZÉSE, AZ IVÓVÍZ SZEREPE

### 1.1. A víz kémiai, biológiai és fizikai paraméterei

A víz jellemzésekor el kell különítenünk egymástól a kémiai értelemben vett tiszta víz, mint vegyület, jellemzését a természetben is megtalálható víztestektől. A kémiai értelemben vett tiszta – desztillált – víz a természetben nem fordul elő. Annak minőségét leginkább a csapadékvíz közelíti meg, de az is tartalmaz a légrétegből átvett, illetve kimosott gázokat és port, valamint a talajjal érintkezve azonnal sókat old ki onnan, tehát vizes oldatoknak tekinthetőek.

A felszíni vizek minősége mindenképp a földtani felépítés, a talaj, a növénytakaró és a társadalmi tevékenység függvénye.

A vízigényünket (háztartások, ipari létesítmények, mezőgazdaság) különböző forrásokból fedezhetjük, ezek csapadék-, felszín alatti és felszíni vizek lehetnek. Az egyes vízféleségek összetétele más és más, mivel a víz természetes körforgása során a különböző környezetekben különböző anyagokat old fel, ad le és visz magával, amelyek hatására további fizikai, kémiai és biológiai folyamatok játszódnak le benne.

A víz minősége alatt a fizikai, kémiai és biológiai tulajdonságainak összességét értjük, amely esetében nem elhanyagolhatóak a hidrológiai jellemzők sem. Ezek bemutatására szükség van, hiszen nem egy közülük befolyásolja a környezetet, klimatikus viszonyokat, illetve szerepet játszanak a szennyező anyagok hígulásában.

#### 1.1.1. A víz fizikai tulajdonságai

Amint említettem, a kémiai értelemben vett tiszta víz a természetben nem létezik. A kémiai tekintetben vett tiszta víz, azaz a desztillált víz az emberi lét számára egyébként nem is ideális, mert a szervezet anyagcsere folyamatai a bonyolult ionháztartások egyensúlyára épülnek. A szabadban megtalálható víztestek nem íztelenek és szagtalanok, hanem a természetes ásványi anyagok beoldódásától, a mikroorganizmusok anyagcsere-termékeiből, szerves anyagok bomlástermékeiből, települési szennyvizektől és azok bomlástermékeitől, valamint ipari szennyvizekből, illetve azok bomlástermékeiből /fenolok, klórozott fenolok, kőolaj és származékai/ származó anyagok miatt lehet különféle **ízük** és/vagy **szaguk**. [4] [5] Az egyes jellegzetes vegyületek által okozott szaghatást mutatja be az 1. táblázat.

Vegyületek	Példák, képletek	Jellegzetes szaghatás
Aminok	R-NH <sub>2</sub>	hal
Ammónia	NH <sub>3</sub>	vizelet
Diaminok	NH <sub>2</sub> -(CH <sub>2</sub> ) <sub>4</sub> -NH <sub>2</sub>	romlott hús
Kénhidrogén	H <sub>2</sub> S	záptojás
Merkaptánok	R-SH	Vezetékes és palackos gáz szagosítására használt vegyület, de ilyen a borzűrülék szaga
Szerves szulfidok, diszulfidok	(R1)(R2)S; (R1)-SS-(R2)	rothadó káposzta
Szkatol	C <sub>8</sub> H <sub>5</sub> (NH)CH <sub>3</sub>	emberi ürülék

1. táblázat: Néhány szerves eredetű szennyezőanyag szaghatása [6]

A víz **fajhője** 4189 J/(kg\*K), amely egy kifejezetten magas érték. Ennek a tengerek és az óceánok klímát is befolyásoló hatásában, illetőleg a hőelvonásban, tehát a levegő hűtésében van elengedhetetlen szerepe [5]. A **felületi feszültség** a folyadékok alapvető tulajdonsága, amely miatt azok a legkisebb fajlagos felületű alakzatot, a gömbformát igyekeznek lehetőség szerint felvenni. Ugyanez az oka annak is, hogy egyes tárgyak és kistestű állatok a vízben nem süllyednek el, a víz felületén maradnak, holott nagyobb a sűrűségük, mint a folyadéké. Ennek a jelenségnek bizonyos szennyeződéstípusok és azok terjedési módjának esetében van kiemelt szerepe. Szintén a felületi feszültséggel függ össze az ún. kapilláris emelkedés és kapilláris süllyedés jelensége is. A kapillárisokban (vékony csövekben) a folyadékok nem követik a közlekedőedényekre vonatkozó törvényt: a nedvesítő folyadék szintje magasabb, nem nedvesítő folyadéké pedig alacsonyabb, mint nagy felületű edényben. A víz is kapilláris emelkedést mutat a vékony hidrofil<sup>1</sup> csövekben, ezzel szemben a hidrofób csövekben fordítva viselkedik. [5] Ennek a jelenségnek bizonyos szennyeződéstípusok és azok terjedési módjának esetében van kiemelt szerepe.

A víz **lebegőanyag-tartalma** fontos fizikai paraméter, hiszen minden vízben található természetes eredetű lebegőanyag. Ez lehet szervetlen vagy szerves jellegű, de általában elmondható, hogy mindkét típusú vegyület előfordul a természetes vizekben. A

<sup>1</sup> Nedvszívó, vizet szerető. A kémiában a vízzel könnyen kapcsolatba lépő anyagokat nevezik így. Ellentéte a hidrofób, azaz víztaszító tulajdonság.



lebegőanyaggal foglalkozni fontos, hiszen az élővizek lebegőanyag-tartalmának több káros hatása is lehet, például zavarhatják az öntisztulást, mert csökkentik a fotoszintézist, de ugyanígy meggátolhatják a vízi élőlények táplálkozását. Lerakódhatnak a halak kopoltyúin, s okozhatnak pusztán esztétikai károkat is, zavarossá téve a vizet. [7]

A víz további fizikai paraméterei közé tartozik még a **hőmérséklet**, **olvadás-** és **forráspont**, a **sűrűség** és a **viszkozitás**, amelyet a 1.2-es pontban fejték ki, hiszen azok adják a víz legkülönlegesebb tulajdonságainak alapját.

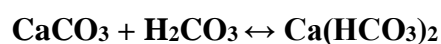
### *1.1.2. A kémiai tulajdonságok*

A víz kémiai tulajdonságait [4] [5] tekintve az alábbiakat emelném ki:

**pH** – A víz pH értékét, és ezzel a kémhatását a benne lévő hidrogénionok koncentrációja adja. A pH-érték a vízben levő hidrogénion koncentráció tízes alapú negatív logaritmus. A semlegesnek számító vízben  $10^{-7}$  mol/dm<sup>3</sup> hidrogén-ion van. Tehát a semlegesnek számító víz pH értéke: 7. Mivel a víz kitűnő oldószer, ezért a pH-értéke nagyban függ attól is, hogy az adott víztest hol található, mely sókat oldotta magába, amely anyagok aztán savassá vagy lúgossá teszik azt. A savas tartomány pH < 7, a lúgos pH > 7. A felszíni vizek pH-ja általában 6,5-8,5 közötti, a talajvízé már alacsonyabb, jóval savasabb kémhatású, 5,5-7,5 közötti. [5]

**Összes sótartalom** koncentrációban (mg/l) vagy vezetőképességben (EC,  $\mu$ S/cm) fejezhető ki, és a víz szervesetlen vegyületeinek mennyiségét fejezi ki. A természetes vizekben a főbb kationok az előfordulásuk csökkenő sorrendben Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, az anionok ugyancsak a mennyiség csökkenő sorrendjében HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, Cl<sup>-</sup>. A felszíni, illetve felszín alatti vizek sótartalma 100-1.000 mg/l között változik. Az 500 mg/l-nél nagyobb ásványi anyag koncentrációjú vizeket a jelenleg érvényes EU szabvány szerint ásványvíznek nevezzük. (A korábban érvényes magyar szabvány szerint ez a határérték 1.000 mg/l.) [7] [8]

A víz **keménységét** [7] a benne oldott alkáliföldfém-sók, azaz az oldott kalcium- és magnéziumsók okozzák. A vízzel együtt áramló szén-dioxid hidrogén-karbonát formában oldja és oldott állapotban tartja ezen anyagok karbonátjait. Ennek egyenlete:



A vízben oldott kalcium és magnézium hidrogén karbonát mennyisége befolyásolja, hogy mennyi  $\text{Ca}^{2+}$  és  $\text{Mg}^{2+}$  iont tudunk forralással eltávolítani. Ezt nevezzük a víz változó keménységének, a többi oldott  $\text{Ca}^{2+}$  és  $\text{Mg}^{2+}$  ion okozza az úgynevezett állandó keménységet. A víz összetételének megváltozásakor – pl. nyomáscsökkenésre vagy hőmérséklet növekedésre – a szén-dioxid könnyen elillan, a képződő, rosszul oldódó karbonátok kiválnak és lerakódnak. Ez a vízkőképződés folyamata, amely az iparban számos problémát vet fel, pl. kazánkö képződésével.



A hidrogén-karbonátoknak a vízkezelésben van jelentőségük, mert a pH-értéket pufferelik, és az oldott szén-dioxid tartalom befolyásolja a vízkeménységet. Ez tehát a változó keménység. A nem karbonát-keménységet a melegítésre nem bomló sók (klorid-, nitrát- és szilikátvegyületek) okozzák. A víz keménységi foka e két keménység összessége, melynek a karbonát-keménység kb. 80 %-a. A keménységi fokot  $\text{nk}^\circ$ -ban<sup>2</sup> fejezzük ki. 1  $\text{nk}^\circ$  az 10 mg CaO-dal egyenértékű  $\text{Ca}^{2+}$ , illetve  $\text{Mg}^{2+}$ , vagy egyéb egyenértékű só mennyiségének felel meg 1  $\text{dm}^3$  vízben. A vizet keménység szerint az alábbi kategóriákba sorolhatjuk:

0-4 $\text{nk}^\circ$	nagyon lágy
4-8 $\text{nk}^\circ$	lágý
8-12 $\text{nk}^\circ$	közepes
12-30 $\text{nk}^\circ$	kemény
>30 $\text{nk}^\circ$	nagyon kemény víz

A vizet jellemző egyes **oxigén igény** típusokat (KOI, BOI, stb.) a 3.sz. mellékletben, a rövidítéseknél részletezem.

**Összes szerves széntartalom** (angol megfelelője alapján Total Organic Carbon – TOC). Szennyvízminták elemzésekor az összes szerves széntartalom mérésére azért van szükség, mert a TOC és a KOI értékek nem függetlenek egymástól. A szerves szén eltávolítása a vízből úgy történik, hogy a szén oxigénnel és hőközléssel, ultraibolya sugarakkal, kémiai oxidáló szerekkel vagy ezek kombinációival széndioxiddá oxidálják.

<sup>2</sup>  $\text{nk}^\circ$ : német keménységi fok

Ezért is fontos a TOC és KOI arányszámainak meghatározása, mert a különféle analizátorokkal mért szén-dioxid mennyiséget tudják szénre vonatkoztatni.

A **szén-dioxid tartalom** fizikailag oldott gázként, kötött és szabad formában vagy hidrogénkarbonát-ionként van jelen, és az egészséges növényfejlődés és fotoszintézis alapfeltételét adja.

A víz **vas- és mangántartalma** egészségre veszélytelen tényező, említeni azért szokás, mert a vizet zavarossá teheti, piszkos barnává változtatja, ha csapadék formában kicsapódik, illetve lerakódva a vezetékekben dugulást okozhat.

A természetes vizeket **biotóp**nak<sup>3</sup> tekintjük, mivel a bennük előforduló ún. vízi szervezetek egyedszáma eléri akár a több százmilliót is. Ezeknek hatalmas aktív felületük van, amely jelentős szerepet játszik a vizek minőségének alakításában/kialakításában, és ezek is befolyásolják a biológiai jellemzőket. A vizekben előforduló élőlényeket három csoportra oszthatjuk [9]:

- **Termelő** /producens/ szervezetek: szervetlen anyagokból (H<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub>), a klorofill és a napenergia segítségével szerves anyagokat hoznak létre, ilyenek a zöld növények;
- **Fogyasztó** /konzumens/ szervezetek: a termelő szervezetek által termelt szerves anyagokat használják fel létükhöz, ide tartoznak az állatok és a gombák;
- **Lebontó** /reducens/ szervezetek: az elhalt termelő és fogyasztó szervezeteket és azok anyagcseretermékeit bontják le szervetlen anyagokká. Ilyenek a baktériumok. A vizekben (is) megtalálhatóak az ún. patogén baktériumok – tífusz, kolera, vérhas –, amelyek komoly járványokat okozhatnak.

### *1.1.3. A víz biológiai ismertetői*

A víz biológiai jellemzői [5] [9] között a **halobitást** emelném ki első helyen, amely a vizekben oldott összes biológiailag fontos, szervetlen kémiai jellemzők összességét jelenti. Ez a szervetlenion-koncentrációval, azaz a sótartalommal adható meg. A **trofitás** a vízi ökoszisztémában végbemenő elsődleges szerves anyag termelés mértékét jelöli. Nagysága függ a klorofill-tartalmú növényzettől (pl. alga), a szervetlen növényi tápanyagoktól (foszfor, nitrogén), továbbá a fénytől. Amennyiben a víz trofitása növekszik, az növeli a vízi ökoszisztéma energiabefogadó képességét, és

<sup>3</sup> Az élőlények meghatározott csoportja által lakott terület. A biotóp az életközösség környezete, általában elhatárolható és jellemző ökológiai (biológiai) tulajdonságai vannak.

eutrofizálódáshoz<sup>4</sup> vezet. Az eutrofizálódás a természetes és mesterséges vizek tápanyag-gazdagodásának folyamata, melynek során az elsődleges termelők több szerves anyagot állítanak elő, mint amennyit a heterotrófok lebontanak, és ezáltal szerves üledék halmozódik fel a vízben. Halastavakban bizonyos mértékig előnyös, a túlzott eutrofizálódás azonban már kiszorítja a halakat, a tavak elhínárosodásához vezet, víztározókban egyáltalán nem kívánatos folyamat. [11]

**Szaprobitás** a trofitással ellenható folyamat, azaz a vízi ökoszisztéma lebontó képességét jelenti, és energiaveszteséggel jár. Ennél a folyamatnál a szerves anyag és heterotróf élőlények növekedése jellemző, a természetes vizek esetében vízszennyezés az eredménye. Két formája ismert:

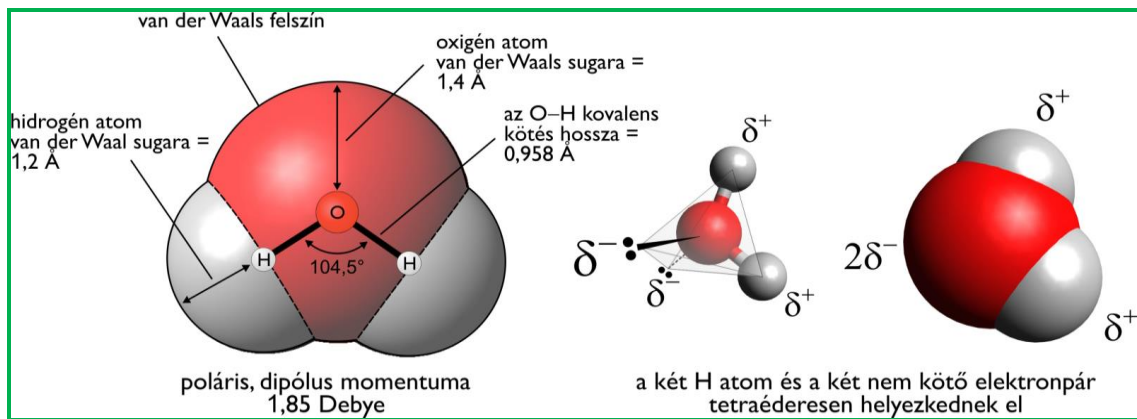
- az autoszaprobitás, amely a vízben keletkezett szerves anyagok mennyiségével arányos,
- az alloszaprobitás, amely a vízbe kívülről bekerülő szerves anyagok által meghatározott.

A **toxicitás**, azaz a mérgező képesség a vízbe kerülő, vagy éppen ott képződő szennyezőanyagok hatására lép fel. Mértékétől függően károsítja, vagy teljesen el is pusztítja az élőlényeket, és lehet átmeneti, azaz visszafordítható, illetve végleges.

## 1.2. A víz különleges viselkedése

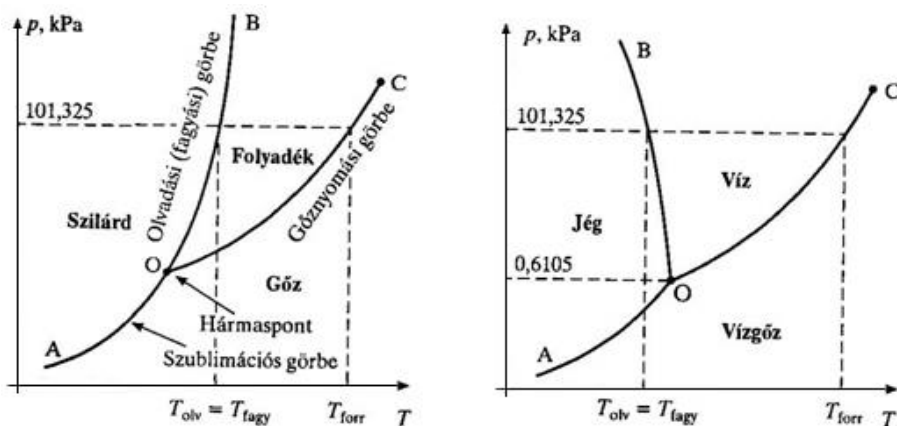
A víz szobahőmérsékleten és normál légköri nyomáson színtelen, szagtalan, íztelen folyadék. A vízmolekula a legegyszerűbb és legkisebb aszimmetrikus molekula, amelyben az oxigénatomhoz kettő, egymással  $\sim 105^\circ$ -os szöget bezáró hidrogénatom kapcsolódik. Mivel a hidrogén- és az oxigénatom között nagy az elektronegativitás különbség, ami a köztük lévő kovalens kötést erősen polárossá, a molekulát pedig extrém módon dipólussá teszi, ezt mutatja be az 1. ábra.

<sup>4</sup>A vizek tápanyagokban, főként nitrogén- és foszforvegyületekben való gazdagodása, aminek következtében a vízben élő növények gyorsan szaporodnak és az általuk előállított, felhalmozott szervesanyag-tömeget a heterotróf szervezetek nem képesek felhasználni. Az eutrofizálódást jelzi a plankton egyes algáinak időszakosan fellépő tömeges megjelenése (vízszíneződések, vízvirágzások). Ált. a tavak elöregedésére utal, ami feltöltődéshez, mocsár, láp, végső fokon erdő kialakulásához vezet. [12]



1. ábra: A vízmolekula szerkezeti adatai [10]

Ennek következményeképpen, a vízmolekulák között erős extrém erősségű hidrogénhíd-kötés alakul ki (másodlagos/intermolekuláris kötőerő), amely mind szilárd, mind folyékony halmazállapotában erős kötést jelent, és amely sok tekintetben meghatározza a víz tulajdonságait, szabályozza viselkedését is. Ezért van, hogy normál légköri nyomáson (1013,25 hPa-on) **olvadáspontja** 0 °C, **forráspontja** 100 °C, amely moláris tömegéhez viszonyítva rendkívül magas (hasonló moláris tömegű anyagok ilyen körülmények között gáz halmazállapotúak.). Ezt mutatja meg a 2. ábra, ahol a bal oldalon egy tipikus anyag fázisdiagramját láthatjuk, a jobb oldalon pedig a víz fázisdiagramját. A fázisdiagramok, vagy más néven állapotdiagramok egy anyag halmazállapotait ábrázolják a nyomás (p) és a hőmérséklet (T) függvényében. Egy ilyen diagramnak két jellegzetes pontja van, a hármaspont és a kritikus hőmérséklet. A **hármaspont (O)** az az egy pont, ahol egy konkrét hőmérsékleten és nyomáson egyensúlyban lehet a 3 halmazállapot, és amely alatti „p” és „T” értékeken folyadék nem létezhet, mert ha a szilárd anyagot azon a nyomáson melegíteni kezdik, nem megolvad, hanem közvetlenül gázzá alakul, azaz szublimál. A **kritikus pont-on (C)** éri el a gáz és a folyadék szinte ugyanazon jellemzőket, sűrűségük és egyéb fizikai jellemzőik is megegyeznek, e pont fölé kerülve gázhalmazállapotúnak tekintjük a rendszert. Amíg az anyagok nagy részénél a szilárd halmazállapothoz a legkisebb térfogat és a legnagyobb sűrűség tartozik, és ez a gáz állapot felé növekszik, addig a víz teljesen másként néz ki. A víz szilárd halmazállapotának, azaz a jégnek a **sűrűsége** kisebb a folyékony halmazállapoténál, ezért is úsznak a jégtáblák a vízben. Ennek a jelenségnek az oka is az erős hidrogénhíd-kötés. [12]



2. ábra: Egyéb anyagok és a víz fázisdiagramjai [13]

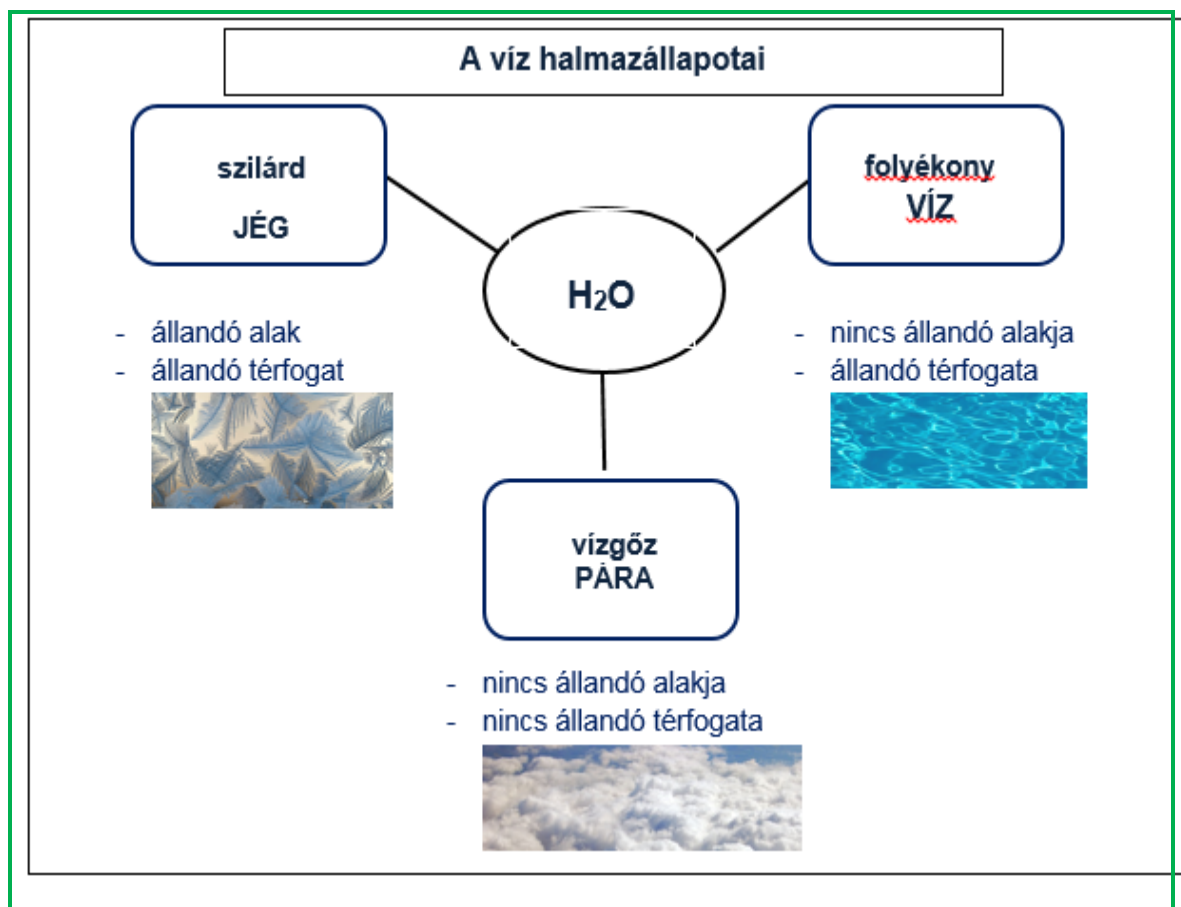
Ugyanez az erős hidrogénhid kötés okozza a nagy fajlagos olvadáshőt ( $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ -on  $3,35 \cdot 10^5$  J/kg) és a nagy fajlagos forráshőt is ( $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ -on  $2,26 \cdot 10^6$  J/kg). Molekula tömege 18,016, kritikus hőmérséklete  $374,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Az az egyedi jelenség, hogy a szilárd halmazállapotú változat sűrűsége nagyobb, szintén a hidrogénhid kötésnek köszönhető. A sűrűsége  $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ -on a legnagyobb, egyéb hőmérsékleten kisebb, max.  $-1\text{ g/cm}^3$  körüli érték. Az oldott sótartalom ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^-$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ) a fagyáspontot leszállítja, a forráspontot emeli. Az oldott sók mellett a nyomás is hatással van az olvadás- és forráspontra. Egy oldat mindazon tulajdonságait, amelyek megváltozhatnak az oldott anyag töménységétől függően (pl. forráspont, olvadáspont) kolligatív tulajdonságoknak nevezzük. A kolligatív jellemzők ismerete segíthet például a természetes vizek tulajdonságainak meghatározásánál, de a sejtek közti ozmózisfolyamatokat is befolyásolják, hiszen az ozmózisnyomásra is hatással vannak. A víz esetében a légköri nyomás is hatást gyakorol annak az olvadáspontjára. Ahogy a 2. táblázat is mutatja, növekvő nyomás hatására csökken a jég olvadáspontja.

nyomás MPa	hőmérséklet szerint $T_m, \text{ }^{\circ}\text{C}$	nyomás szerint MPa	hőmérséklet $^{\circ}\text{C}$
0,1	+0,01	20	-1,53
0,101325	0,0	40	-3,15
87,279	-7,5	100	-8,8
113,267	-10,0	120	-10,95
159,358	-15,0	160	-15,62
200,251	-20,0	200	-20,69

2. táblázat: A jég egyes olvadáspont-értékei, Forrás: [14] adatait felhasználva

A víz az egyetlen anyag, amely a természetben általános körülmények között mindhárom halmazállapotban megtalálható, előfordul légnemű (vízgőz), cseppfolyós (víz) és szilárd (jég) halmazállapotban, ezeket mutatja be a 3. ábra. Az élővilág szempontjából a **sűrűség** az egyik legfontosabb tulajdonsága. Mivel szilárd halmazállapotban, azaz jég formában a sűrűsége kisebb a víznél, télen, amikor a víz lehűl, a 4 °C-nál hidegebb víz felemelkedik, és a tavak, folyók felszínén gyűlik össze. Ezért a vízfelszínen indul meg a fagyás, míg közben a vizek alján, a legnagyobb sűrűségű 4 °C-os vízben áttelelhetnek a vízi élőlények. Az a szélsőséges eset, hogy a túl kemény hidegben a vizek fenéig befagynak, a legritkább esetben következhet be, hiszen a jégréteg a fentiek mellett jó hőszigetelőként is működik. [15]

Az egyes halmazállapotokhoz tartozó térfogati jellemzők, hogy az adott formájában a vízmolekulák összenyomhatóak-e, a természetes közegük számára is fontos következményekkel bírnak. Ez a tulajdonság játszik szerepet a lökéshullámok víz alatti terjedése esetében, de a víz erodáló hatása is ennek köszönhető.

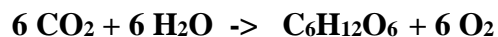


3. ábra: A víz halmazállapotai – saját készítésű ábra

### 1.3. A víz élettani szerepe

A víz a már fent említett biológiai, fizikai és kémiai tulajdonságai alapján az élővilág, a társadalom számára a legfigyelemreméltóbb, legkevésbé nélkülözhetetlen vegyület, a földi életet lehetővé tevő alapvegyület. Az emberi test egy hónapig is élél élelem nélkül, de tiszta víz nélkül csak néhány napig bírja. Testünk mintegy 70 %-a víz, de ez nagyrészt igaz a többi élőlényre is<sup>5</sup>. Az ember napi folyadékszükséglete – a fizikai erő kifejtéstől függően 2,5 - 6,0 l. A táplálékaink nagy része is vízből áll, a burgonya - 78 %, a tojás - 75 %, a marhahús - 64 %, a kenyér - 38 %, etc. vizet tartalmaz. A növények 1-1 kg szárazanyagának felépítéséhez 150-1000 l víz szükséges.<sup>6</sup>

A víz mindent old, ami képes a hidrogénhid-kötésében részt venni. Ezért alakulhatott ki az élet az ósóceánokban, ez a sejtekben lejátszódó biokémiai folyamatok oldószere, az anyagcsere folyamatokban szállítóközegként tölt be fontos szerepet. A genetikai információt hordozó DNS sem létezne víz nélkül. A légkör oxigéntartalma, amely lehetővé tette az élet kifejlődését, fotoszintézisből származik, amelyben a víz nélkülözhetetlen reakciópartner, de a víz szabályozza a bioszféra hőmérsékletét is. A fotoszintézis folyamatának alapegyenlete:



Amellett, hogy a víz táplálkozásunk alapvető része, szükségünk van rá higiéniai célból is, tisztálkodásra, mosásra, illetve egészségügyi és szociális területen az üdülés, a vízi sportok és a gyógyászat jelentős tényezője.

### 1.4. A Föld vízkészlete

A vízkészlet elsődleges forrása a csapadék [16 p.25.], amely télen szilárd formában, hóként hullik a földre, egyéb esetekben többnyire folyékony halmazállapotban érkezik<sup>7</sup>. A szilárd halmazállapotú csapadék is két fontos csoportra osztható, a felhalmozódott, és huzamosabb ideig raktározódó hóra, és a lefolyást megelőző olvadó hóra. A szabad vízfelszínekből, de a földfelszínről is párolgással jut fel a földfelszínről a víz a felsőbb régiókba. A vízrajzi elemek közül meg kell említeni a csapadékokból származó felszíni lefolyásokat, amely azon vízmennyiséget jelöli, mely a csapadékhullás helyétől az első vízfolyás, vagy állóvíz medréig eljut. Az itt jelenlévő víz mennyiségét nagyban

<sup>5</sup>A fajtól, szervtől, valamint fejlettségi állapottól függően a növényi, illetve állati szervezetek 55-90%-át alkotja víz, a medúzáké pedig a 97 %-ot is eléri.

<sup>6</sup>Ez az ún. transzspirációs koefficiens.

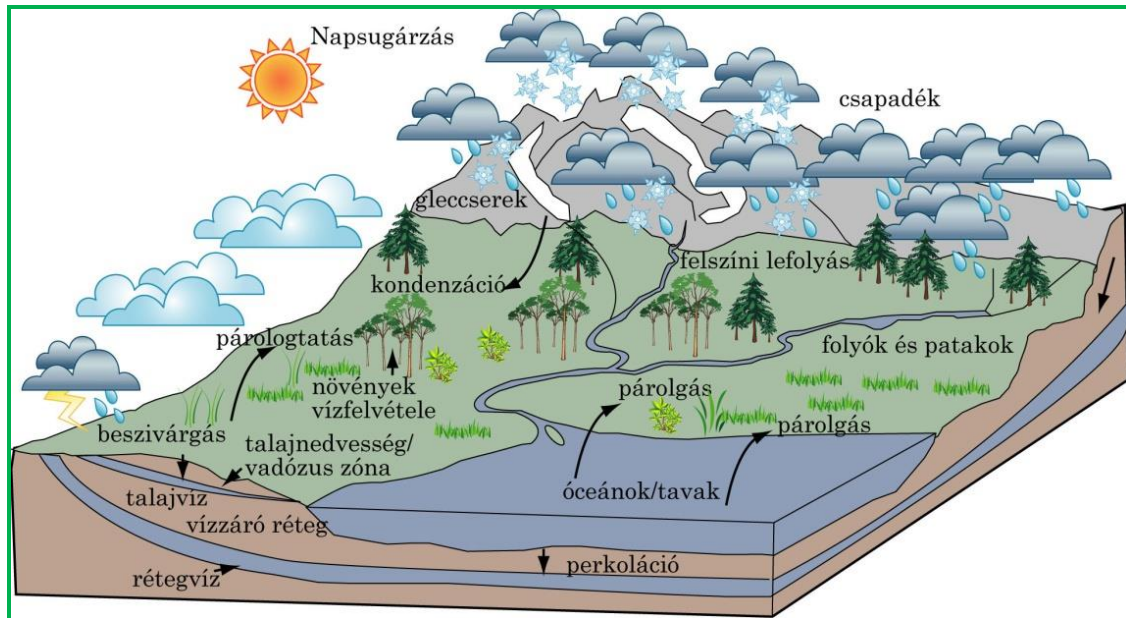
<sup>7</sup>Speciális eset a köd, amely nem egy klasszikus halmazállapot, hanem kolloid diszperz rendszer.



befolyásolják a domborzati, talajtani adottságok, amelybe a földművelési ágak is beletartoznak. A felszíni lefolyások és egyéb felszíni vizek mellett figyelembe kell venni azon vízkészleteket, amelyek a növényzet és a lombfelület, valamint azt a jelentős mennyiséget, amelyet az avarszint tárol<sup>8</sup>. A mederbe jutó víz a gravitáció hatására az alacsonyabban fekvő térszínnek felé kezd mozogni, ezért megkülönböztetünk mederben tárolt és átfolyó vízmennyiséget. Ez a vízmennyiség dinamikusan változik. Vannak veszteségei elszivárgás és felületi párolgás által, ugyanakkor többletei közvetlen csapadék, felszín alatti hozzáfolyás formájában.

A víz körforgásában és a vízkészletek alakulásában azonban nem csak a felszíni, hanem a felszín alatti vizeknek is nagy szerepük van. Ezek közül a legjelentősebb a talajnedvesség, a talaj- és rétegvíz, ahogy a karszt- és hasadékvíz is. A felszín alatti vízkészletek sem tekintendők állandónak, szintén befolyásolják a beszivárgási és befolyási folyamatok.

A vízkészletek horizontális áramlása a felszín alatt egy relatíve lassú folyamatként értékelhető, leszámítva a nagylejtésű területeket, vagy azokat, ahol jelentős vízfolyások vannak, ahol a talajvízkészletek relatíve gyors váltakozást mutatnak pozitív, de negatív irányba is.



4. ábra: A víz körforgása [14]

<sup>8</sup> A szakzsargonon az előbbit intercepció néven nevezi, illetve az utóbbira az O-horizont elnevezést használja.

A víz körforgása tulajdonképpen halmazállapot-változások, valamint hosszabb-rövidebb ideig tartó tározódások és a helyváltozás olyan sorozata, amit a Nap sugárzási energiája, illetve a Föld gravitációs ereje tart fent. Az egy vízgazdálkodási egységbe jutó, illetve onnan eltávozó víz egy körfolyamat részeként értelmezhető, amelyet a víz légköri, felszíni és felszín alatti vándorlásaként ábrázolnak (ld. 4. ábra).

A felszíni vizekből, a növényzetből, talajból elpárolgó víz a légkörbe kerül, amelyet a légáramlatok más térségek felé szállítanak. Amikor a pára kondenzálódik, a csapadék egy része a felszíni vizekbe hullik vissza, más része a szárazföldekre, s van olyan rész is, amely mielőtt még elérné a felszínt, ismét elpárolog. A szárazföldre hulló csapadék egy része benedvesíti a felszínt és elpárolog, más része beszivárog a talajba, harmadik része pedig a felszínen lefolyva a patakokba, folyókba, s végső soron a tengerekbe, óceánokba kerül vissza. A talajba került víz onnan több további úton távozik: források formájában ismét a felszínre bukkanhat, a vegetáció révén elpárologhat, vagy továbbszivároghat mélyebb rétegek felé. A 3. táblázat azt mutatja be, hogy az egyes tározó közegekben mekkora mennyiségű víz található (függetlenül a halmazállapottól), és hogy azok az egyes tározó közegekben mennyi ideig tartózkodnak. Ez függ természetesen a benne lévő víz tömegétől, valamint a tározóba történő be- és kijutás sebességétől is. A tartózkodási idő az az átlagos időtartam, amelyet egy vízmolekula egy adott közegben eltölt. [17]

víztározó közeg	víztömeg [km <sup>3</sup> ]	a teljes víztömeghez viszonyított arány [%]	tartózkodási idő
óceánok, tengerek	1338,1·10 <sup>6</sup>	96,56	3050 év
szárazföldi vizek	23,6·10 <sup>6</sup>	1,70	220 év
jégtakaró	24,6·10 <sup>6</sup>	1,73	12000 év
légkör	1,3·10 <sup>4</sup>	<0,01	10 nap
	<b>Σ ≈1.386·10<sup>6</sup></b>		

3. táblázat: A víz tartózkodási ideje az egyes tározó közegekben [17]

A Föld teljes vízkészlete tehát [17] kb. 1380 millió km<sup>3</sup>. Ennek 97,5 %-a sós víz és mindösszesen csak 2,5 %-a édes víz. Ennek az édes víznek a nagy része, 68,9 %-a állandó jég- és hótakaró formájában a sarkvidékeken (túlnyomórészt az Antarktiszon) és a magashegyi régiókban található – ami a teljes vízkészlet majd 2 %-át jelenti. A

mintegy 2000 m-es mélységig vett felszín alatti vízkészleteket 29,9 % alkotja. A maradék 1,2 %-ba tartozik minden egyéb, azaz a vízfolyások és állóvizek, a mocsarak és lápok vize, a talajok nedvességtartalma, az atmoszféra víztartalma és a bioszféra által lekötött vizek is. [18] Tehát a Föld teljes vízkészletének csupán 0,03 %-a ténylegesen hasznosítható, hozzáférhető édesvízkészlet. A vízkészletek mennyiségét tartalmazza a 4. táblázat.

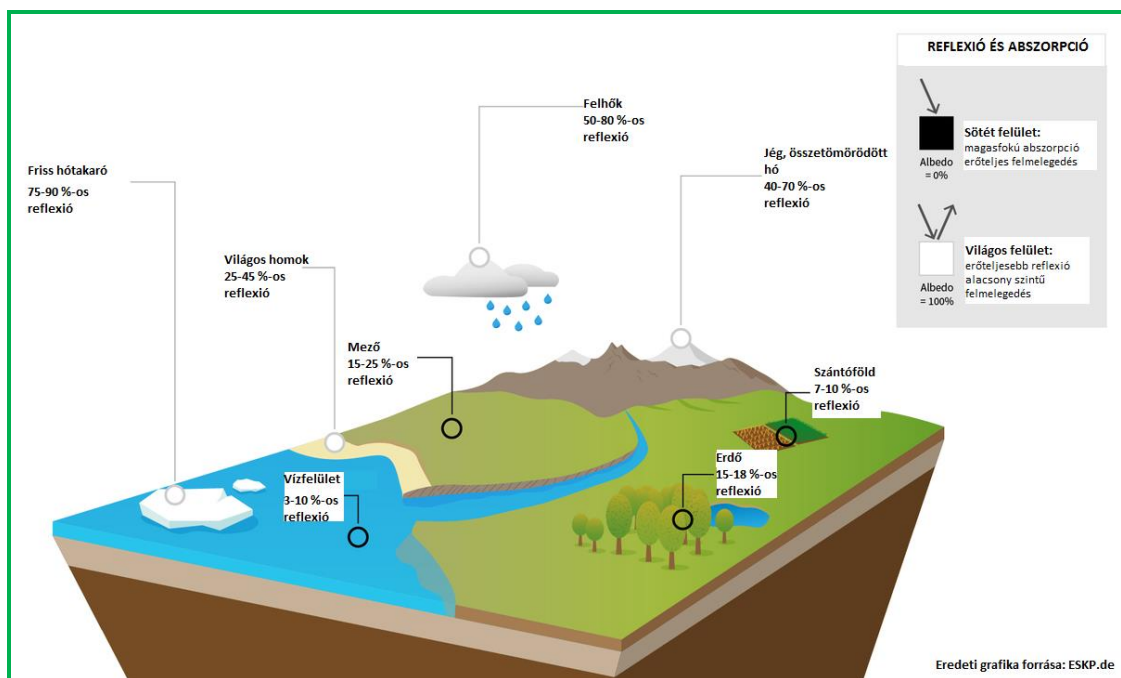
A víztározó közeg		Statikus	Évenként megújuló	Vízforgalom (kicserélődési idő)	
neve	kiterj.	készlet		év	nap
	mill.km <sup>2</sup>	millió km <sup>3</sup>			
<b>Föld összesen</b>	<b>510</b>	<b>2000,000</b> (Ennek kb.30 %-a kémiaiilag kötött állapotban található a szilárd földkéregben)	<b>0,5000</b>	<b>2440</b>	
<b>Ebből:</b>					
Levegő (légtér)	-	<b>0,020</b>	<b>0,5100</b>	-	<b>14</b>
Óceánok, tengerek	<b>361</b>	<b>1335,000</b>	<b>0,4000</b>	<b>3250</b>	
Szárazföld	<b>149</b>	<b>20,000</b>	<b>0,1490</b>	<b>135</b>	
Folyók	-	<b>0,002</b>	<b>0,0370</b>		<b>16</b>
Állóvizek	-	<b>0,750</b>	<b>0,0007</b>	<b>17</b>	
Víztartó rétegek	-	<b>19,248</b>	<b>0,1700</b>	<b>1400</b>	

4. táblázat: A Föld vízkészlete [19]

Természetesen a víz körforgása miatt a vízkészletek térben és időben is állandó mozgásban vannak, egy adott térséget és időszakot tekintve folyamatosan megújulnak. Amikor számszerűleg kifejezzük a mennyiségét, akkor azzal a pillanatnyi mennyiségét fejezzük ki, ez a **statikus** készlet. Ugyanakkor a természetes vízkészletekre nézve a pillanatnyi mennyiség mellett igen fontos az utánpótlódás, a cserélődés üteme, amit a **dinamikus** vízkészlet mutatójával lehet számszerűsíteni, ami tulajdonképpen a vízforgalmat jelenti. Ez az egy adott időtartam alatt érkező vagy távozó vizek mennyiségét (m<sup>3</sup>/hó, vagy km<sup>3</sup>/év) jelenti.

A klímaváltozás és a globális felmelegedés következtében fellépő olvadás részeként olvadnak a gleccserek, a grönlandi és a nyugat-antarktisi jégtakarók. Ezek a

világtenger szintjének akár többméteres emelkedésével is járhatnak. A vízszint emelkedésével megváltozhatnak az óceánokban a nevezetes áramlások, amelyek jelentős éghajlat alakító hatást gyakorolnak Európában is. Ráadásul a víz a beeső sugárzás csak csekély hányadát veri vissza, míg a jégfelszín a ráeső sugárzás körülbelül 90 %-át [20], amely szintén hozzájárul a hőmérséklet „kordában” tartásához. Ez az úgynevezett **albedó-hatás**, amelynek komoly szerepe van az éghajlatváltozásban. Albedónak nevezzük a légkörön keresztül érkező sugárzás reflexiójának<sup>9</sup> mértékét, melyben kiemelkedő szerepe van az adott tárgy színének. A világosabb árnyalatú színek jobb visszaverő képességgel rendelkeznek, mint a sötétek (lásd 5. számú ábra). A sötétebb felületek sokkal kevésbé reflektálják a beérkező napsugárzást, azokat elnyelve felmelegednek, és melegítik a környezetüket is. Azaz a jéggel és hóval borított felületek értelemszerűen jóval nagyobb mennyiségű sugárzást vernek vissza, mint egyéb felszíni borításúak. A sarkköri jégsapkák és a gleccserek olvadása tehát nem csak a vízmennyiség növekedésének veszélyét hordozza magában, hanem az említett albedó-effektus miatt öngerjesztő folyamatnak számít a hőmérséklet emelkedésében.



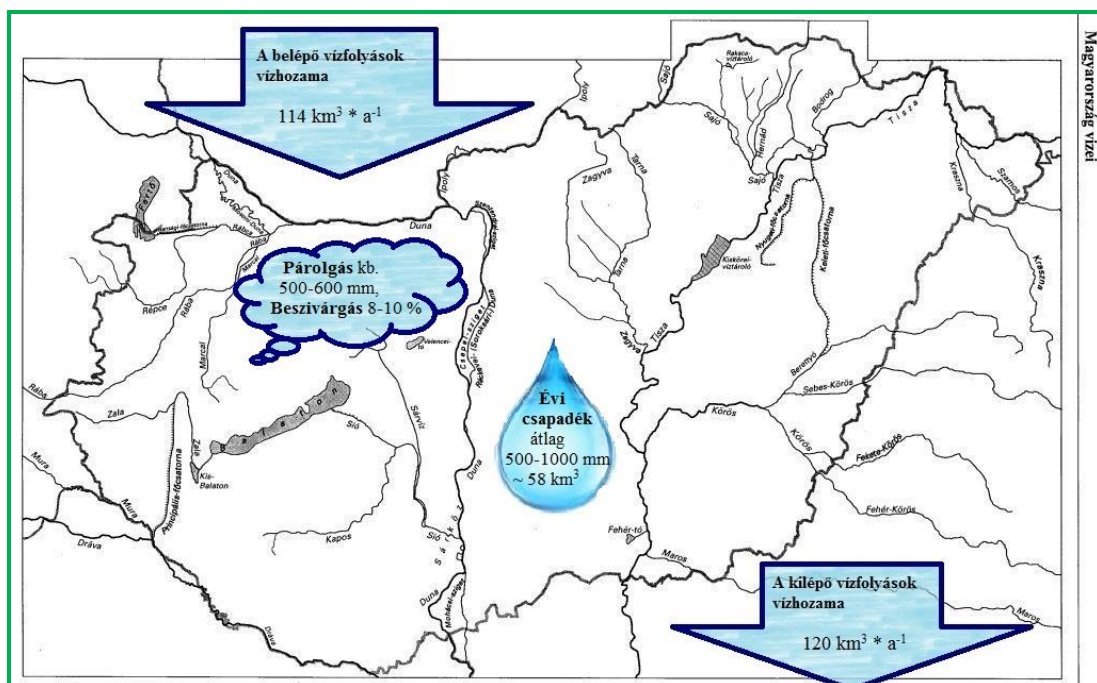
5. ábra: Az albedó-hatás az egyes felszíni borítások tekintetében, Forrás: Az ESKP grafikája alapján saját átdolgozás [21]

<sup>9</sup> visszaverődés

Ahogy a levegő hőmérséklete, úgy emelkedik a tengerek és óceánok hőmérséklete is. Ezek ugyanakkor az áramlatok, a víz oxigénmennyiségének változásával a tengeri ökoszisztémát is megváltoztatják, hiszen az oldott O<sub>2</sub> mennyisége a hőmérséklet emelkedésével csökken. A vízi élőlények (algák, planktonok és halak) mennyisége és eloszlása is megváltozik általa, ami a vízminőség változását is magával vonja.

### 1.5. Magyarország vízkészlete

Ahogy a bevezetőben is említettem, Magyarország vizekben, mindenekelőtt felszín alatti vizekben igen gazdag ország. Vízirajzi szempontból Magyarország medencefekvése meghatározó. Folyóvizeink a Duna vízgyűjtő területéhez (részletesebben lásd 3.2.1. fejezet) tartoznak. A Duna medrének irányát két, egymásra merőleges törésvonal jelöli ki, melyek keresztezésénél található a Dunakanyar. [22] Világszínvonalon is kiemelkedő mennyiségű és minőségű ásvány- és termásvíz áll rendelkezésünkre, mely nemzeti értékünknek nagyobb védelemre lenne szüksége. Felszíni vízkészletek tekintetében sem állunk rosszul, ugyanakkor a magyarországi felszíni vízkészletek körülbelül 95 %-át [16 p.97] a hazánkba befolyó legfontosabb vízfolyások adják, amelyek aztán kibővülve el is hagyják az országot (ld. 6. ábra és 5. táblázat). Az ebből eredő sérülékenységet a későbbiekben részletezem.



6. ábra: Magyarország vízmérlege, Forrás: saját készítésű ábra [7] adatai alapján

Magyarország vízkészlete	Felszíni		Felszín alatti
	m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup>	millió m <sup>3</sup> a <sup>-1</sup>	
<b>Hasznosítható vízkészlet</b>	<b>1181,8</b>	<b>13836</b>	<b>5517</b>
<b>Felhasznált</b>	<b>197,0</b>	<b>2880</b>	<b>1961</b>
<b>Szabad</b>	<b>984,8</b>	<b>[38]</b>	<b>3556</b>
<b>Készlet kihasználtság %-ban</b>	<b>17</b>	<b>21</b>	<b>36</b>

5. táblázat: Magyarország vízkészlete [19]

A vízkészletek bemutatásához az alábbi fogalmak tisztázására van szükség.

### 1.5.1. Felszíni vizek

Bár ivóvízkészletünkben a felszíni vizekből direkt kivett mennyiség csekély részarányban van jelen, illetve dolgozatomban a felszín alatti vízbázisok védelmével foglalkozik, röviden mégis bemutatásra kerülnek ezen vízbázisok is, mivel sok felszín alatti vízbázis utánpótlódása ezekből (is) történik, a felszíni szennyeződések, minőségváltozások hatással vannak a felszín alatt, illetve a bennük lejátszódó folyamatok a víz körforgásával hatnak az egyéb vizek minőségére is.

Mindemellett a felszíni vizek parti sávjai, az árterek és hullámterek sajátos flórával és faunával rendelkeznek, amelyeknek, amellyel, hogy biztosítják az állatvilág számára a szaporodó-, táplálkozó-, vonuló- és pihenőhelyet, a felszíni vízbázisok anyagforgalmában is fontos szerepük van az ott található víztest és a kavicságy mellett. [23] A partmenti szakasz egyfajta tápanyagesapdaként működik, és így tudja csökkenteni a vízgyűjtő területről érkező szennyezőanyag terhelést, itt történik meg a vizek öntisztulása a szerves anyagok lebontásával és a növényi tápanyagok felvételével. [24]

A felszíni víz a földkéreg mélyedéseiben található vizek összefoglaló neve. Lehetnek állóvizek és áramló vizek – folyók, patakok stb. – és lehetnek természetesek és mesterségesen létrehozottak – halastó, tározó, csatorna. [25]

#### 1.5.1.1. Állóvizek

A szárazföld mélyedéseiben elhelyezkedő felszíni víz, amelynek egész tömege nem mozog határozott irányba (azaz a gravitáció hatására a magasabb helyről az alacsonyabb

felé), és amelynek medre egész léte folyamán töltődik [5]. Mivel Magyarországon nincsenek mélytavak, ezért nem részletezem őket.

A *sekély* tavaknak nagy a vízfelülete, mélységük csekély, max. 15 méter, átlagosan mélysége 3-6 méter, ld. Balaton, Velencei-tó, illetve a Kiskörei-tározó. [26]

A *kopolyák* kicsi vízfelületű, nagy mélységű (3-10 méter), meredek partoldalú víztestek, amelyek gyakran áradás, töltésszakadás után keletkezett krátterszerű vízmosásban jöttek létre. A budapesti Feneketlen-tó ilyen, de egyes dunai holtmedret és kavicsbányatavak is ide sorolhatunk. [26]

A *kistavak*, amelyeket a szakzsargon tócsáknak is nevez, közepes vagy kis vízfelületű sekély állóvizek, területüknek több mint 1/3-át nyílt víztükör vagy hínáras terület teszi ki. Mivel vízforgalmuk labilis, aszályos időszakokban akár ki is száradhatnak. Ilyen például a Sóstó Nyíregyházán, egyes holtmedrek a Hernád mentén. [26]

A *fertők* relatíve nagy vízfelülettel rendelkeznek, ugyanakkor sekélyek (átlagosan 1-2 m mélyek), és területüknek több mint 1/3-án lápi vagy mocsári növényzet borítja, tarkítva kisebb-nagyobb hínáras és nyíltvizes foltokkal. Ritkán ki is száradnak, többnyire sekélytavak feltöltődésével keletkeznek. Fertő típusú természetes állóvizek: Pl. a Kis-Balaton, a Dinnyési-Fertő. [26]

Hazánkban a *lápok* általában kis kiterjedésű, többnyire állandó vízborítással rendelkező, többnyire kopolyák feltöltődésével keletkező sekély (1,5-5 m mély) vízterek. Nyíltvíz általában csak a szegélyzónában, ill. belül, apró foltokban (lápszemek) fordul elő. Jellemzően a felületének több mint 2/3-át moha és sás dominanciájú lápi növényzet borítja, és ezek tárolják a magukba szívott vizet. Medrüket rendszerint tőzeg tölti ki. Ezeket tovább csoportosíthatjuk a jellemző növényegyüttesek alapján ingólápokra, tőzegmohás átmeneti lápokra, tőzegmoha- vagy dagadólápokra. Ilyenek például a keleméri Mohosok vagy a batorligeti láp.

A *láperdők* szerves feltöltődésű, lefolyástalan területeken alakultak ki, az év nagy részében víz borítja őket. A fák gyökérfeje magasabb vízborításnál is kiemelkedik a vízből, ezért körülöttük cserjék és lágyszárú növényzet is kialakulhat. A fák közötti, tartósan pangó vizes foltokon hínár- és mocsári növényzet telepedhet meg. A láperdők az uralkodó fafaj alapján lehetnek fűz-, nyír- vagy égerlápok. Magyarországon a lecsapolások következményeként számuk alaposan lecsökkent, de még találhatóak a Hanságon, a Vértesben. [26]

A *mocsarak* változó kiterjedésűek lehetnek, igen sekély (0,5 métertől maximum 3 méterig terjedő), labilis vízforgalmú, időnként kiszáradó vagy rendszeresen átöblítődő

vízterek, amelyek kistavak, illetve fertők feltöltődésével keletkeznek. Felületüknek több mint 2/3-át nád, gyékény, káka dominanciájú mocsári növényzet borítja, kisebb-nagyobb nyíltvízes, hínárral benőtt foltokkal tarkítva. Természetes mocsár típusú állóvizünk a Kunkápolnási-mocsár, a mesterségesek közé tartoznak a rizsföldek. [26]

Kis területű, egymással gyakran összeköttetésben levő mélyedések a *tömpölyök*, melyek csak szélsőségesen száraz években száradnak ki. Medrük többnyire csak 0,5-1 m mély, felszínük nyílt, mocsári és hínárnövényzet is boríthatja. A Nyírség buckái közötti kisvizek ilyen típusúak. Mesterségesen is létrejöhetnek, pl. egymás melletti nagyobb anyaggyödrök által. A *pocsolyák* kis kiterjedésűek, vizük igen sekély, időszakosan jönnek létre, ezért nincs jellemző vegetációjuk sem. A bennük levő víz eredete alapján csoportosítják őket: hullámtéri pocsolyák, locsolásövi pocsolyák, csapadékvizes pocsolyák, és talajvizes pocsolyák. A *dagonyák* a rendszeresen ugyanazon a helyen újrakeletkező időszakosan létrejövő kisvizek, általában növényzet nélkül, viszont vastag (0,2-0,5 méter) iszapréteggel a fenekükön. A *tocsogók* apró kiterjedésű, alkalmilag létrejövő vízgyülemlesek, amelyek többnyire sűrű növényzet között, esetleg réteken, legelőkön, erdőkben található. A *telmák* csekély, legfeljebb néhány liter vízmennyiségű alkalmi vízgyülemlesek. Az alapján csoportosítják őket, hogy hol, mely közegben gyűlik össze a víz, faodvakban, kövek felületi mélyedéseiben, ezért vízminőség befolyásoló szerepük elhanyagolható. [26]

Ezen kisebb méretű felszíni vizeink azért is említendőek, mert a Ramsari Egyezmény szerint *wetlandok*nak tekinthetőek. A hivatalos definíció szerint wetland-nak nevezünk minden olyan természetes vagy mesterséges, állandó vagy időszakos mocsaras, lápos vagy nyíltvízi területet, amely kapcsolatban van álló- vagy folyóvízzel, és a vízmélysége nem haladja meg a 6 m-t<sup>10</sup>. [27] Ugyanide tartoznak azok a természeti egységek is, ahol olyan hidromorf talajok<sup>11</sup> található, amelyeknek felső rétege tartósan vagy legalább hosszabb időtartamig vízzel telített, s ezért jellegzetes, többnyire nagy vízigényű vagy jó víztűrésű növényállományokkal, hidrofitákkal (nádasokkal, láp- és mocsárrétekekkel, mocsári gyomtársulásokkal, iszap- és zátonynövényzettel, nedves és

<sup>10</sup> Mivel ebbe a definícióba édes, felsős és sós vizek, de akár korallzátonyok is beletartozhatnak (a Ramsari Egyezmény elsődlegesen a vízmadár élőhelyek meghatározására vonatkozott), a magyarországi gyakorlat ezért a wetlandok esetében inkább azon megfogalmazást használja, amely szerint a wetland olyan természetes egység, ahol a felületarányos átlagos vízmélység – középvízállás esetén – a két métert nem haladja meg. Amennyiben 2 m-nél mélyebb, akkor az adott víztereknek azon részeit érjük, amelyeknek legalább egyharmadát makrovegetáció – hínár- és/vagy mocsári- és/vagy kifejezetten (teljesen vagy részben vízben álló) partszegélyi növényzet – borítja vagy kíséri. [27]

<sup>11</sup> Vízhatású talajok, kialakulásukban a víz játssza a fő szerepet.



vakszikesekkel, láp- és mocsárerdővel, bokorfüzesekkel, puha- és keményfa ligeterdővel, égerligetekkel), ill. azok jól felismerhető maradványaival jellemezhetők. A nedves területek ökoszisztémái átmeneti formákat alkotnak a tipikusan szárazföldi és a tipikusan vízi ökoszisztémák között. A nedves területeken olyan ritka növény- és állatfajok élnek, amelyek sokszor kizárólag csak ott tudnak megélni, hiszen ott uralkodnak az életükhöz elégséges feltételek.

Fontos szűrő szerepet töltenek be. Sokszor oxigénszegény vagy anaerob viszonyok uralkodnak bennük, tőzegképződés vagy magasabb rendű vizinövényzet jellemző rájuk. A növényzet szövevényes hálót képes alkotni, amelyre a ráhulló törmelékek szőnyeget alkotnak, megvastagodnak, így igen sok szennyezőanyagot vissza tudnak tartani és igen aktív anyagforgalmuk van. [23] Ezt a funkciót használják ki a mesterséges wetlandok létrehozásával a biológiai mentesítési eljárások lehetséges megoldásainak esetében, ld. az értekezés 4.3. alfejezete.

A mocsarak esetében az indikátor funkciót emelhetjük ki, mivel a lápoknál jóval érzékenyebbek, a vízszennyeződések hatására könnyen elpusztulnak. [28] Emellett a mocsaras-lápos területek fontos szerepet játszanak a vízháztartás fenntartásában, hiszen visszatartják és tisztítják a vizet, ugyanakkor gátolják az árvizek fellépését, megakadályozzák a tüzeket. Rendkívül fontos szerepet töltenek be a földi klíma szabályozásában is, mivel az erdővel összehasonlítható nagyságú szerves széntartalékot alkotnak. [29]

#### 1.5.1.2. Folyóvizek

A felszíni vizek második nagy csoportját a folyóvizek [5] alkotják, amelyekben hazánk igen gazdag, pedig nagyrészüket csak áthalad Magyarországon (ld. 6. ábra fentebb). A folyóvizek olyan vizek, amelyeknek víztömege a mederben a legkisebb ellenállás irányába, tehát a magasabb helyről az alacsonyabb felé halad a gravitáció hatására. Típusai [26]:

A *folyamok* 500 ezer km<sup>2</sup> vízgyűjtő területnél nagyobb területtel, valamint 2500 m<sup>3</sup>/s átlagos vízhozamnál nagyobb hozammal rendelkező, 2500 km-nél hosszabb, közepes vagy kis esésű, széles és mély medrű vízfolyások, amelyek egy-egy vízrendszer utolsó tagjaként a tengerekbe, ill. óceánokba ömlenek. Ilyen hazánk fő folyója is, a Duna.

*Folyóknak* nevezzük azon vízfolyásokat, melyeknek vízgyűjtő területe több száz négyzetkilométeres, nagy vízhozamuk van, nagy, közepes vagy kis esésűek, mederméretük közepes, illetve amelyek a nagyobb folyamok vagy folyók

vízgyűjtőterületének egy-egy részéről szedik össze a vizeket és vagy azokba, vagy közvetlenül a tengerekbe illetve óceánokba torkollanak. Ezeket tovább lehet osztani állandó és időszakos vízfolyásokra. Az állandókban mindig folyik a víz, az időszakosokban csak bizonyos évszakokban van. A mérsékelt éghajlatú Magyarországon ez utóbbi nem jellemző, ezért a magyarországi folyókat a méretük szerint rangsoroljuk nagyfolyóktól a kisfolyókig.

- Nagyfolyók: 50.000-500.000 km<sup>2</sup>-nyi vízgyűjtő területtel, átlagos 500-2500 m<sup>3</sup>/s vízhozammal rendelkeznek, és 600-2500 km hosszúságúak. Ilyen hazánk második legnagyobb folyója, a Tisza.
- Közepes folyók: Vízgyűjtőterületük 5000-50.000 km<sup>2</sup>, átlagos vízhozamuk 60-500 m<sup>3</sup>/s, hosszúságuk 250-600 km, pl. a Bodrog, a Kőrös, a Rába.
- Kisfolyók: Vízgyűjtőterületük 500-5000 km<sup>2</sup>, átlagos vízhozamuk 5-60 m<sup>3</sup>/s, hosszúságuk 50-250 km. Magyarországon ide sorolható a Kerka, a Zagyva, a Berettyó.

A mesterséges vízfolyásokat is méret alapján osztályozzuk. Így például a Keleti-főcsatorna közepes folyó típusú mesterséges vízfolyás, a Nádor-csatorna pedig kisfolyó típusú mesterséges vízfolyás.

A kisvízfolyások leginkább a hegyi és felföldi területekre jellemzőek. Szintén méretük alapján további alfajtakra oszthatóak [26]:

A *patakok* vízgyűjtő területe kisebb, mint 500 km<sup>2</sup>, 5 m<sup>3</sup>/s alatt van az átlagos vízhozamuk, és rövidebbek, mint 50 km. Általában nagy vagy közepes esésű, völgyekben futó, túlnyomórészt gyors folyású, helyenként sellős-zuhatagos, általában köves-kavicsos medrű, ritkás növényzetű, rendszerint hegyvidéki kisvízfolyások. Hazánkban ilyen pl. a Szalajka-patak.

A *csermelyek* közepes és kis vízhozamú, közepes esésű, csendes folyású, kavicsos-homokos-iszapos mederrel, rendszerint gazdag szegélynövényzetű, főleg dombvidékekre jellemző kisvízfolyások. Ilyenek például a Váli-víz, a Császár-víz.

Az *erek* többnyire nyílt, lapályos alföldi területeken található sekély, szétterült, csaknem pangó vizű, szélsőséges vízjárású, homokos-iszapos fenekű, pocsolyás, dús vegetációval benőtt vízfolyások. Ölyvös-ér, Kálló.

A kisebb *csatornák*, árkok a mesterségesen kialakított kisvízfolyások csoportjába tartoznak.

A folyóvizeknél fontos hangsúlyozni, hogy hullámtereikre magas fokú biodiverzitás jellemző. S bár a folyószabályozásokat követően napjainkra leszűkültek a volt nyílt

árterek vizes élőhelyei, szerepüket a hullámterek vették át, azokon is megvan a lehetőség hasonló élővilág kialakulására. A hullámtereken az erdőktől kezdve a réteken keresztül a lápos mocsaras területekig szinte mindenféle társulás megtalálható. Ezek fontosak természetvédelmi szempontból is, de fő funkciójuk az árvízvédelemben van a megemelkedett vízhozamok biztonságos levezetésével. A folyóvizek partmenti lerakott hordaléka fontos szűrő szerepet lát el a parti szűrős vizek esetében (ld.ott).

Kiemelkedő ezek közül az úgynevezett kontinentális delta, amely olyan esetben jön létre, amikor folyók síkságra érve változatos és szövevényes ágrendszerre bomlanak és hordalékukat lerakják, majd bizonyos szakasz után újra a főmederbe gyűlik össze a víz. Hazánkban ilyen kontinentális deltát alkot a Duna a Szigetközben és a Csallóközben, illetve Gemencnél, néhány helyen akár 700 m vastag kavicsréteget is létrehozva. [24] Az ilyen kontinentális delták kavicságya esetében a rendkívül változatos élőhelyek és a part menti vízbázisokkal szembeni tisztító funkció mellett meg kell említeni a folyó „öntisztulását” is. [23]

A csatornák mesterséges létesítmények, amelyeket vízépítési, vízszabályozási céllal építettek a belvíz, az öntözővíz, az üzemi víz, vízszint szabályozására, ritkábban a szennyvíz elvezetésére, vagy hajózás céljából. Szerepük a vízminőség megőrzésében indirekt, hiszen a vízbázisokra is káros vizek elvezetésére (is) készültek. Az átvágásnak is nevezett csatornák folyókat, folyószakaszokat kötnek össze. Csatornák jelentőségét elsődlegesen a parti sávok növényvilága adja. [23]

#### 1.5.1.3.Holtágak

A felszíni vizek egy különleges csoportját képezik a holtágak, amelyek bár szorosan kötődnek a folyóvizekhez, nem mozognak, nem vesznek részt a folyó vízszállításában. Létrejöttek lehet természetes – amikor a túlfejlett szakaszok maguktól levágtak a hordalékuknak köszönhetően, avagy mesterséges, amikor a kanyarokat átvágással leválasztották az élő folyóról. A holtágak a vizes élőhelyek kiemelkedő értékeit képezik, gyakran természetvédelmi területek, de a rekreációs szerepük is igen fontos. Emellett kiemelten meg kell említeni a holtágak árvízi szerepét is, mert sokszor ők képezik az árvízvédelem egyik legveszélyesebb pontját, a holtág-kereszteződési pontoknál. Többek között ezért is különböztetik meg a hullámtéri holtágakat a mentett oldali holtágaktól. [30]

Magyarország igen gazdag holtágakban. A Tisza völgyében 180, a Duna-völgyben 57 holtág található hazánk területén, amelyből a mentett oldali holtágak területe 5110 hektár a hullámtéri 1868 hektár. A bennük tárolt összes víz térfogata átlagkörmények között 119,4 millió m<sup>3</sup>. A víz minőségét csak a holtágak felénél vizsgálták [16 p.47], ebből 25 % esetében kifejezetten rossz vízminőséget állapítottak meg, 60 % esetében enyhén szennyezett, és csupán 15 % esetében lehetett kifogástalannak minősíteni a vizet. A holtágak vízforgalmát a hullámtéri oldalon befolyásolják a „saját” folyóvizük vízállás változásai, míg a mentett oldalon inkább a meteorológiai tényezők. Jelentős utánpótlásuk van belvizekből is. Legnagyobb holtágaink: Tolnai-Holt-Duna, Tunyogmatolcsi-Holt-Szamos, Szarvas-Békésszentandrási-Holt-Körös, Fadd-Dombori-Holt-Duna.

A holtágak kedvező adottságaik révén aktuálisan is többféle tájhasználatnak nyújtanak lehetőséget, így a természetvédelmi, tájökológiai jelentőség mellett kiemelkedő a holtágak szerepe a vízgazdálkodásban is. Vízgazdálkodási szempontból a holtágak, mint árvízi tározók, ivóvízbázis tartalékok, felszíni befogadók töltenek be fontos szerepet, a hullámtéri területek az árvizek levezetésében is részt vesznek. A magyarországi holtágakban tárolt víz összes térfogata 119,4 millió m<sup>3</sup>, amelyből 87,2 millió m<sup>3</sup> a mentett oldali holtágakban, 32,2 millió m<sup>3</sup> pedig a hullámtéri holtágakban van. Kialakulásukhoz a folyók által hozott és lerakott nagymennyiségű hordalék vezetett, az azokon keresztül megszűrt víz tartalék ivóvízbázisnak is tekintendő. A régebben kialakult holtágaknál jelentős a part menti nád szűrő szerepe is, közelükben nem egyszer vízmű kutak találhatóak. [30]

#### 1.5.1.4. Források

A felszíni vizeknél említtem a forrásokat, hiszen a felszín alatti vizek forrásokban törnek a felszínre, tulajdonképpen átmenetet képeznek a felszín alatti és felszíni vizek között. Ahol a vízzáró réteg kifut a felszínre, ott találhatjuk a legtöbb forrást. A talajvíz és rétegvíz is a felszínre törhet (talajvízforrás, rétegvízforrás) az ilyen rétegvízforrások határájánál. [5] A forrásoknak három típusát különböztetjük meg:

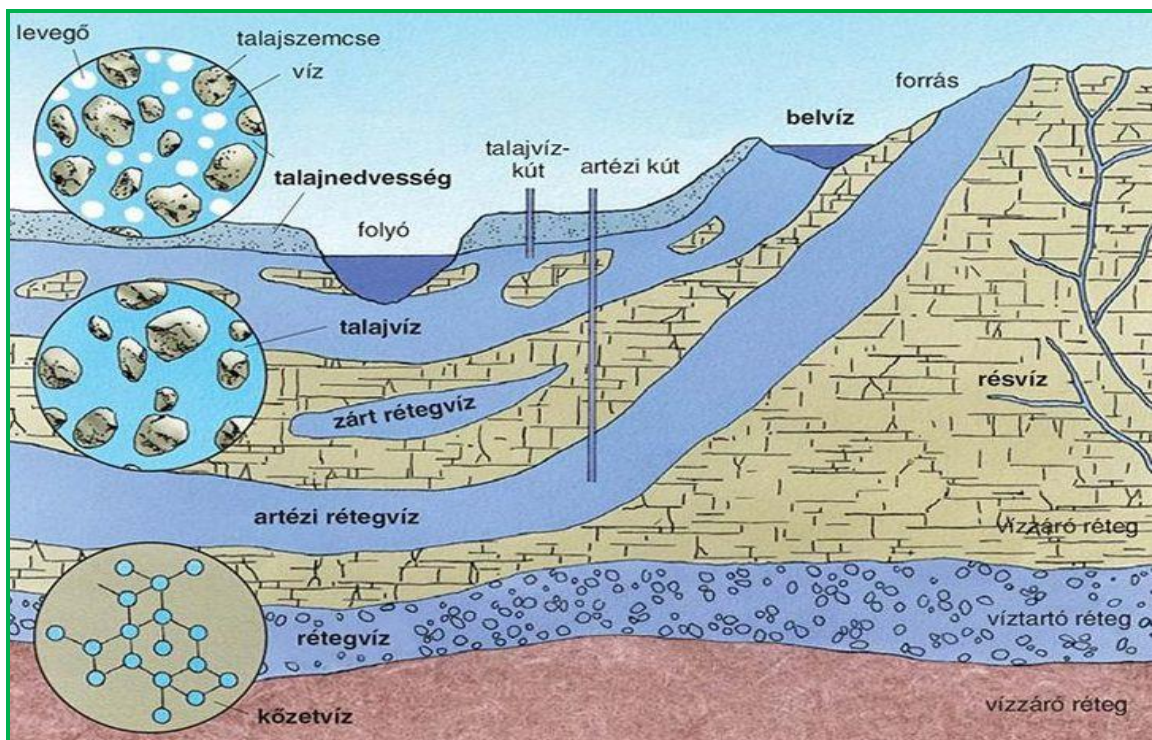
- reokrén (zuhogó) forrás: meredek sziklafalakkból fakadnak. Ilyen Szilvásváradon a Szikla-forrás;
- limnokrén (feltörő) források: olyan medenceszerű források, melyek alulról vagy oldalról telnek meg vízzel. Ez jellemző a Zempléni-hegység forrásaira;

- 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. [31] Ilyen a Létrási-forrásláp is.

### 1.5.2. Felszín alatti vizek

Felszín alatti vizeknek nevezzük a felszín alatt a kőzetek hézagaiban, repedéseiben, üregeiben helyet foglaló, onnan akár természetes, akár mesterséges beavatkozás segítségével kifolyó vagy kitermelt vizeket. [25] A felszín alatti vizek mindig közvetlen kapcsolatban vannak a talajjal vagy az altalajjal (ld. 7. ábra). Felszín alatti víztestnek nevezzük a felszín alatti víznek egy víztartón vagy víztartókon belül lehatárolható részét, amely a víz körforgásának rejtett tartományát alkotja.

A felszín alatti vizeket többféleképpen is csoportosítják, osztályozzák, értekezésemben én a 2000/60/EK – EU Víz Keretirányelve [32] által meghatározott csoportosítást vettem alapul. A kőzetrétegekhez viszonyított mélységbeli helyzetük alapján sekély és mélységi felszín alatti vizek alcsoportjaiba osztva osztályozhatjuk a felszín alatti vizeket. Sekély felszín alatti víznek számítanak: a talajnedvesség, a talajvíz és a parti szűrésű vizek. Ezt mutatja be a 7. ábra is.



7. ábra: A felszín alatti vizek elhelyezkedése [33]

A felszín és az első vízzáró réteg<sup>12</sup> között elhelyezkedő rétegben, a talajszemcsék közötti hézagokat csak részben kitöltő vizet nevezzük **talajnedvességnek**. A talaj felszínéről beszivárgó víz egy része hártyszerűen rátapad a talajszemcsékre és nem szivárog mélyebbre. A **talajvíz** még mindig a felső vízzáró réteg felett helyezkedik el, a csapadékból, illetve a felszíni beszivárgó vizekből áll, és kitölti a talajszemcsék közötti üres teret. Elsősorban a szemcsés, üledékes kőzetekben – iszap, iszapos homok, lösz, homokos kavics, apró kavics – fordul elő, szabadtükrű állapotban<sup>13</sup>. Ennek a víztömegnek a felső szintjét nevezik talajvízszintnek, amelynek magassága függ a csapadék-, hőmérséklet- és nyomásviszonyoktól. Magyarországon a talajvíz átlagos terepszint alatti mélysége 2-5 méter, a dombos vidékeken akár 8-10 m mélységben helyezkedik el. Mennyisége a csapadék függvényében ingadozik. Hazánkban általában áprilisban a legmagasabb az állása – a hóolvadás és a tavaszi esőzések hatására –, és kora ősszel a legalacsonyabb. A talajvíz mennyisége a mezőgazdaság számára meghatározó. Az sem jó, ha túl magasan, de az sem, ha túl mélyen helyezkedik el. A túl magas talajvíz kiszorítja a talajhézagokból a levegőt, és átáztatja a gyökérszót. Akár annyira is magas lehet, hogy a felszínre emelkedik belvíz formájában. A túl alacsony szintű talajvíz esetében viszont a növények gyökerei nem jutnak elegendő vízhez. A talajvíz szintjét nem csak a csapadék befolyásolja, hanem az olyan emberi tevékenység, mint a folyószabályozás, bányaművelés, öntözés, etc. is. [32]

Mivel közvetlen kapcsolatban van a felszínnel és a csapadékkal, könnyen szennyeződik, ezért nem alkalmas emberi fogyasztásra. Tipikus talajvíz-felhasználók a mezőgazdasági üzemek, termelők öntöző kútjai, illetve ipari üzemek.

A talajvízben idegen anyagok találhatóak [19]:

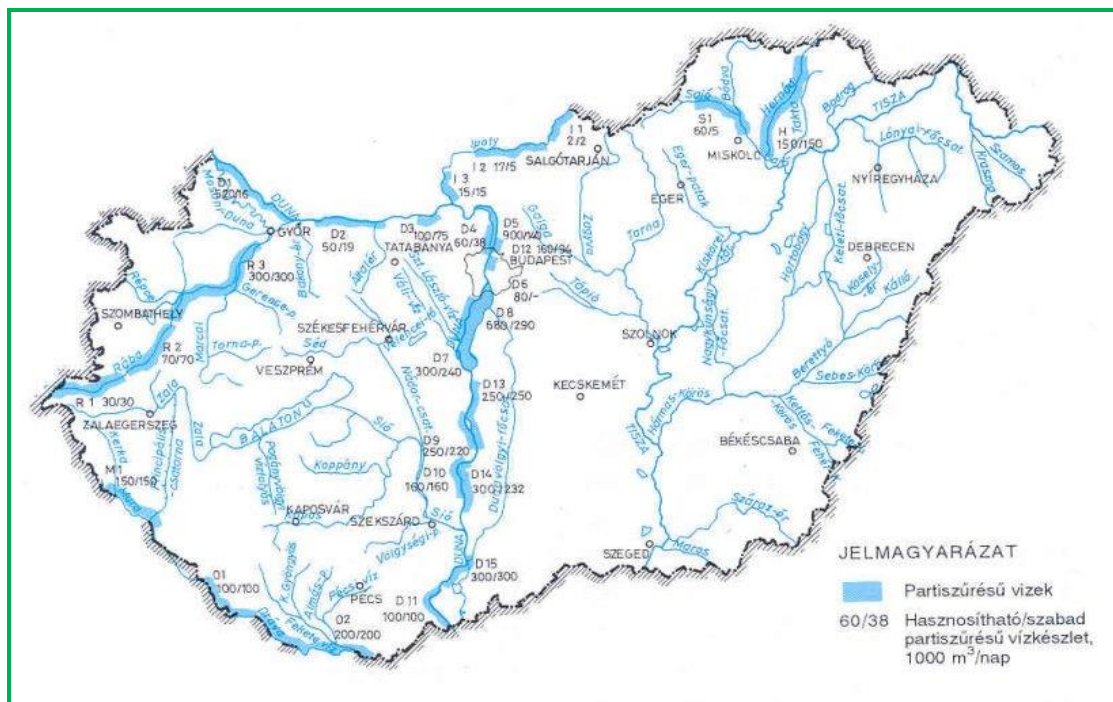
- oldott gázok,
- oldott sók és szerves anyagok,
- lebegő anyagok.

A felszín alatti vízkészletek nagy részét teszik ki a folyók mellett kitermelhető, túlnyomórészt a folyóból származó úgynevezett **parti szűrésű vizek** is, amelyet a felszíni vízfolyások mellett található vízvezető, víztároló kőzetekből termelünk ki. A parti szűrésű víz elnevezés onnan ered, hogy a vízzel érintkező vízvezető kőzetek, pl.

<sup>12</sup>Vízzáró réteg: felszín alatti kőzetréteg vagy kőzetrétegek, vagy más földtani képződményekből álló réteg vagy rétegek, amelyek porozitásuk, vízáteresztő képességük, a falaikon fellépő molekuláris erőhatás miatt a vizet nem képesek tovább mozgatni. [11 p.857]

<sup>13</sup>Szabad tükrű víz: olyan víz, amelynek a felszíne és a földfelszín között nincs vízzáró réteg. [11 p.649.]

kavics, homok megszűrrik azt. Jelentős parti szűrésű ivóvízbázisaink vannak a Rába, a Sajó, a Hernád, az Ipoly, a Dráva, a Mura, és természetesen a Duna partján (ld. 8. ábra). Budapest vízellátása is a Duna parti szűrésű vízkészletére épül. Országos szinten a közüzemi vízellátás jelentős részét, körülbelül 40 %-át nyerik parti szűrésű kutakból, de a jövőbeli vízbázisaink kivétel nélkül mind ilyen típusúak. [32]



8. ábra: Parti szűrésű vizek Magyarországon [23]

Mélységi felszín alatti vizek a rétegvizek, a hasadékvizek, a karsztvizek és hévizek. [32] A **rétegvíz** a felszín alatti vizeknek azon típusa, amely porózus, szemcsés, üledékes kőzetben helyezkedik el, és amelynek víztartó kőzetét alulról is, felülről is vízzáró rétegek határolják. A rétegvizek a talajvizek szintje alatt húzódnak, és ezek adják a felszín alatti vízkészletek döntő hányadát. A rétegvíz egyik jellegzetes típusa az artézi víz. A rétegvízre nagy nyomás nehezedik a medenceszerűen elhelyezkedő víztartó rétegekből, ami miatt a felszín felé igyekezne. Ha egy ilyen ponton átfúrják a vízzáró réteget, akkor a rétegvíz artézi kútban feltörhet. A rétegvíz utánpótlása jóval lassabb, mint a talajvízé, s mivel mélyebben helyezkedik el, védettebb, kevésbé tud elszennyeződni. Mindenekelőtt ivóvízként hasznosítható, azonban tartalmazhat természetes eredetű ásványi anyagokat (pl. arzén, vas) olyan mennyiségben, ami a felhasználást megnehezíti. Magyarországon ilyen az Alföld, a Kisalföld alatt találhatunk.

**Rés- vagy hasadékvíz:** A kőzetek - mészkő, dolomit, homokkő, konglomerátum, breccsa<sup>14</sup>, vulkáni kőzetek, valamint görgeteg – hasadékaiban, repedéseiben, üregeiben, járataiban elhelyezkedő vizet résvíznek nevezzük. Magyarországon a repedezett kőzetek közül legnagyobb jelentősége a mészkőből, dolomitból álló karsztkőzeteknek van, mert a résvizek közül a mészkő üregeiben található a karsztvíz. A mészköves területeken mélybe szivárgó karsztvíz az ilyen repedésekből indul el, és a felszín alatt hatalmas földalatti folyosóvá is egyesülhet. A mészkővidékek járataiban jelentős, a vízellátásban is fontos szerepet játszó vízkészlet gyűlik össze.

A mészkőhegységek belsejében mozgó és felhalmozódó felszín alatti víz a karsztvíz. A felszínről vagy beszivárgással, vagy víznyelőkön jut a hasadékokba és járatokba. Az összegyűlt karsztvízforrásokon keresztül juthat újra a felszínre. A karsztvíznek két fő típusát különböztetjük meg. Amikor a csapadék és a felszíni vizek közvetlen kapcsolatban vannak karsztvízzel és táplálják azt, nyílt vízről beszélünk. Fedett a karsztvíz bázis az esetben, amikor a fedő kőzetek meggátolják a csapadék és a felszíni vizek bejutását. A karsztvíz természetes tisztaságánál fogva nagy értéket képvisel. A karsztvíz akár közvetlen fogyasztásra is alkalmas. [32]

Magyarországon a 30 °C-nál melegebb felszín alatti vizeket nevezzük **hévizeknek**. Két fő típusát különböztetjük meg. A törmelékes medenceüledékek tároló típusához a ritkán előforduló alsó pannon, miocén, oligocén hévíztároló képződmények tartoznak. A karsztos tároló típushoz a karbonátos, hasadékos alaphegységi fedőkarsztos képződmények tartoznak. A Föld középpontja felé haladva kilométerenként átlag 30°C-kal emelkedik a víz hőmérséklete. Magyarország viszont előnyös helyzetben van, mert nálunk 55-60 °C/km a hőmérséklet változása. Ennek a növekedésnek oka a kőzetek hőtartalmából adódó geotermikus energia. A hévíz kinyerése történhet mélyfúrással, hő formájában, a leggyakrabban azonban gőz vagy termálvíz közvetítésével. Hazánk gazdag hévizekben: különösen a Duna-Tisza közén és az Alföldön jelentős a hévízkészlet. [32]

A természetben ritkán fordul elő, hogy a felszín alatti vizek leírt formái tisztán önmagukban jelenjenek meg. A földfelszín alatt általában egymással összefüggő rendszerek alakulnak ki, van ahol a talajvíz kapcsolatban áll a parti szűrészű vízzel vagy akár a rétegvizekkel, de számos variációja valósul meg.

<sup>14</sup> breccsa: törmelékkő, 2 mm-nél nagyobb, szögletes-sarkos törmelékdarabokból álló, a törmelékeknél jóval finomabb szemű anyaggal cementált kőzet, [11 p.90.]



## 1.6. Vízbázisok, vízkivételi pontok

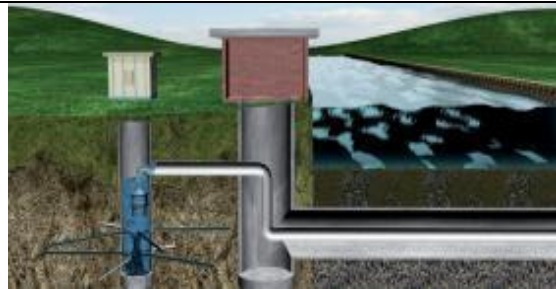
Vízbázisnak [34] nevezik a vízkivételi művek által hasznosításra igénybe vett, illetve arra kijelölt terület vagy felszín alatti térrészt és az onnan kitermelhető vízkészletet. Vízbázison tágabb értelemben nem csak a kitermelendő vizet, hanem a vizet magába foglaló képződmény felszín alatti térrészét vagy a felszínen húzódó területét; az ebben tárolt vízkészletet; a víz kitermelésére szolgáló működő vagy tervezett berendezéseket is értjük.

Magyarországon a 123/1997. (VII. 18.) Korm. rendelet szabályozza a vízbázisok, a távlati vízbázisok, valamint az ivóvízellátást szolgáló vízi létesítmények védelmét. A rendelet hatálya az ivóvíz minőségű vízigények kielégítését, az ásvány- és gyógyvízhasznosítást szolgáló, igénybe vett, lekötött vagy távlati hasznosítás érdekében kijelölt vízbázisokra, továbbá az ilyen felhasználású víz kezelését, tárolását, elosztását szolgáló vízi létesítményekre terjed ki, amelyek napi átlagban legalább 50 személy vízellátását biztosítják. A kormányrendelet 1. számú melléklete felsorolja a rendelet által illetve a rendeletben használt fogalmakat, melyek alapján a vízbázisokat az alábbi csoportokra oszthatjuk:

- *„igénybe vett: olyan vízbázis, amelynek vízkészletét részben vagy teljes mértékben már használják,*
- *lekötött: olyan igénybe még nem vett, elvi vízjogi engedéllyel már lekötött lehetséges vízbázis, amelyről már tudott, hogy a felszín alatti víz kitermelésére alkalmas víznyerő területet ki és milyen célra fogja igénybe venni,*
- *engedélyezett víztermelése: vízjogi engedély szerint kitermelt vagy lekötött vízmennyiség éves átlaga, havi maximuma, vízhozamban kifejezve,*
- *teljes, átlagos kapacitása: a vízbázisról folyamatosan kitermelhető, a mindenkori ismeretek és feltételek alapján meghatározható legnagyobb vízmennyiség, melynek kitermelése következtében fellépő környezeti hatásokat az érintettek elfogadják,*
- *karsztvízbázis: olyan vízbázis, melyben az igénybe vett, vagy arra előirányzott vízkészlet a karsztosodott kőzetek (mészkö, dolomit) pórusaiban, hasadékaiban, üregeiben helyezkedik el; lehet nyílt tükrű, amely a meteorológiai viszonyok közvetlen hatása alatt áll, vagy fedett,*
- *parti szűrésű vízbázis: felszíni víz közelében lévő felszín alatti vízbázis, melyben a vízkivételi művek által termelt víz utánpótlódása 50 %-át meghaladó mértékben a felszíni vízből történő beszivárgásból származik,*

- rétegvízbázis: olyan vízbázis, melynek megcsapolt képződményei az első vízzáró, vagy féligáteresztő réteg alatti, vagy 50 méternél mélyebben települt törmelékes vízáadó kőzetek,
- talajvízbázis: olyan vízbázis, melyben az igénybe vett vagy arra előirányzott vízkészlet a törmelékes felszín közeli képződmények telített zónájában helyezkedik el, vagy az első vízzáró vagy féligáteresztő réteg mélységéig, vagy nem mélyebben, mint 50 m,
- biztonságban lévő vízbázis: amelynek felszíni és felszín alatti vízgyűjtőjén ismertek a földtani és hidrogeológiai adottságok, a víz áramlási, lefolyási viszonyai, utánpótlódásának módja és mértéke, az utánpótlódás területe, a víz minősége, az ezeket befolyásoló természeti hatótényezők és emberi tevékenységek, illetve mindezek térben és időben való változása a vízkitermelés előtti és a víztermelés hatására kialakuló viszonyok között; a kijelölt és kialakított védőterületen a vízbázist veszélyeztető tevékenységek nem folynak; az ellenőrzés alatt álló potenciális szennyezőforrások esetleges veszélyeztető hatása intézkedésekkel még a vízbázis károsodása előtt megszüntethető,
- részleges biztonságban lévő vízbázis: ahol a biztonsági intézkedéseket csak az utánpótlódási terület egy részére vagy csak részlegesen hajtották végre.” [35]

Parti szűrésű kutak a Duna partján / csápos kút víz alatti átvezetéssel



Karsztvízbázisok, karsztkutak



Víztározó, vízkivételi művel



9. ábra: Különbeféle vízbázisok Magyarországon [36]

Mivel a vizeket elhelyezkedésük szerint felszíni, felszín alatti vizekre és forrásokra osztva csoportosítottam, a vízkivételi bázisokat is ez alapján osztom csoportokra. A 9. ábra ezek közül mutat be néhányat.

A felszín alóli vízbeszerzést kúttal és galériával, illetve ezek különféle kombinációjával lehet megoldani. A létesítés szempontjából sekély és mélyfúrású kutak vannak. A sekély mélységű vízbeszerzési műtárgyakat további alcsoportokra lehet osztani. Ezek az ásott kutak, a süllyesztett kutak, vert kutak, sekély mélységű fűrt és csökutak, galériák, csápos kutak és az aknák. [37] A felszín alatti vizek kitermelésére használatos termelőtelepeket aszerint is osztályozzák, hogy azok milyen típusú víztestre települnek. Ezek alapján vannak talajvízre, parti szűrésű vízre, rétegvízre telepített, valamint hasadékos és karsztkőzetből, illetve forrásokból táplálkozó víztermelő telepek.

A felszíni vízkivételi módok esetében – ahogy később azt a vízminősítésnél részletesebben tárgyalom – különbséget kell tenni ipari és ivóvíz-kivételi művek között. Ezekről is függ, hogy a kitermelt vízkészlet közvetlenül a fogyasztási helyre kerül, vagy a víztisztító műbe. Magyarországon felszíni kivétel esetében az alábbi típusok jöhetnek szóba: vízkivétel vízfolyásból, tóból és mesterséges tározóból.

A forrásfoglalások esetében két típusról beszélhetünk. A kisvízi foglalások a természetes, eredeti vízhozamot hasznosítják. Ez esetben, függetlenül a jelentkező igénytől, csak és kizárólag a forrás hozamával egyenlő vízigényt lehet kielégíteni. A felszín alatti tározások megvalósítása esetében egy felszín alatti tározóegységgel tudják a fogyasztás ingadozásához igazítani a forrás hozamát.

Mivel a vízkivételi pontokon keresztül könnyen szennyeződhetnek vízbázisaink, az egyes vízműveket eleve úgy kell kialakítani, hogy a lehető legkevesebb szennyeződés érhesse azon keresztül a vízbázisokat. [38]

### **1.7. A klímaváltozás hatásai a Kárpát-medencére, hazánk vízkészleteire**

A Föld klímája mindig is változott, a természeti folyamatok irányították azt. [39, p.12.] Ugyanakkor egyes antropogén hatások ezt a változást (negatívan) befolyásolták. A légkörben feldúsult üvegházhatású gázok<sup>15</sup> mennyisége, és ezzel a légköri felmelegedés is felgyorsult. Egyes üvegházhatású gázok természetesen is megtalálhatóak a légkörben, nélkülük a Föld hőmérséklete kb. 30 C°-kal hidegebb lenne. Legfontosabb ilyen gázaink: a vízgőz, a szén-dioxid (CO<sub>2</sub>), a metán (CH<sub>4</sub>) és a dinitrogén-oxid (N<sub>2</sub>O), de találhatóak emellett még olyan, kizárólag antropogén forrásból származó vegyületek, mint a kén-hexafluorid (SF<sub>6</sub>), fluorozott szénhidrogének (HFC), a perfluor-karbonok (PFC), telített és telítetlen freonok és halonok (CFC és HCFC)<sup>16</sup>. Az ipari forradalom kezdetétől, a fosszilis energiahordozók használatával, a mezőgazdasági, földhasználati változásokkal ezen utóbbiak koncentrációja exponenciálisan növekszik.

A klímaváltozás által érintett legfontosabb területek:

- A vízbázisok, hidrológiai rendszerek, vízgazdálkodás;
- Energiaellátás és annak biztonsága, megújuló környezeti erőforrások;
- Az egyes ökoszisztémák, környezet- és természetvédelem, a földhasználat;
- Élelmiszerellátás és az élelmiszerbiztonság;
- Egészségügy (humán- és állat-);
- Környezetgazdálkodás. [39 p.13.]

Tehát az éghajlat változása infrastrukturális, gazdasági, katasztrófavédelmi kérdéseket is érint, társadalmi és szociológiai vonatkozásai vannak, valamint hatást gyakorol nemzetközi és katonai-biztonságpolitikai kérdésekre is.

Az elmúlt évek tapasztalatai, valamint az előrejelzések alapján nem csak a hőmérséklet emelkedik a klímaváltozás következtében, hanem átrendeződnek a csapadékviszonyok is, egyre többször kell majd rövid időtartam alatt lehulló intenzív csapadékmennyiséggel, az eddigi tapasztalatokkal ellentmondó helyeken (kishozamú patakokon) szokatlan időben fellépő villámárvizekkel számolni. [40]

Európára két szélsőség jellemző. Míg az északi területeken a hirtelen, nagy csapadékú napok száma megnövekedett, addig az Adria környékére csapadékcsökkenés jellemző. Magyarország és a Kárpát-medence ezen régiók találkozásánál helyezkedik el, de

<sup>15</sup> Olyan gázok, melyek az infravörös fényt elnyelik és kisugározzák. Ezek jelentős mértékben befolyásolják a Föld hőmérsékletét.

<sup>16</sup> A Kyoto-i Egyezmény nevesíti is ezeket

nálunk a déli vidékekre jellemző negatív trend észlelhető, ami a csapadékos napok számának jelentős csökkenésével jár. Ugyanakkor a mennyiség csökkenő tendenciája mellett az elmúlt 20-30 évben növekedett a csapadék szélsőségek mértéke.

Hazánk gazdag mind felszíni, mind felszín alatti vizekben. Nem csak a mezőgazdaság, de az ország összes ökoszisztémájának szempontjából sem elhanyagolható a lehulló csapadék mennyisége, területi és időbeli eloszlása, illetve intenzitása.

Magyarországon a szélsőséges hőmérsékleti viszonyok alakulása, az extrém időjárási körülmények gyakoribbá válása még azoknak is feltűnik, akik nem tanulmányozzák különösebben a hőmérsékleti diagramokat. Az elmúlt fél évszázadban jelentősen csökkent a téli hideg napok száma, a hó mennyisége, ezzel szemben a nyári extrém, elhúzódó forró napok száma megnövekedett. Az átlaghőmérséklet hasonlóan emelkedett, mint a jellemző napi maximum- és minimum hőmérsékleti értékek, jóllehet a növekedés mértéke nem arányos, a nyári melegedés jelentősebb, mint a téli. [39] [41] Ráadásul felállított klímamodellek alapján a csapadék változása nem is egységes. Nyáron és ősszel csapadékcsökkenésre, míg télen és részben tavasszal csapadéknövekedésre számítanak a szakemberek. Az előrejelzések szerint a nyári, meleg napok száma 20-50 %-kal növekedhet, ellenben a téli, fagyos napok száma 20-30 %-kal csökkenhet. A száraz, összefüggő, csapadékmentes napok száma is megnő 5-15 %-kal, de ugyanekkora növekedésre lehet számítani a lehulló csapadék intenzitásának, az egyszerre 20 mm-nél nagyobb mennyiségű csapadékos napok számának növekedésénél is. [42]

A hőmérséklet és a csapadékosság változása negatívan hat hazánk vízkészleteire. A hirtelen, nagy mennyiségű csapadékkal érkező esőzéseket a talaj nem tudja megfelelő módon elvezetni, ami a talaj termőképességére negatív hatással van. A nagy mennyiségű, hirtelen lehullott csapadék hasznosulása sokkal rosszabb. A vízzel átitatott felső talajréteg nem tudja elvezetni a megfelelő mennyiséget, kevesebb szivárog be a talajba, belvíz alakulhat ki, ami a talajminőség romlásához, elszikesedéshez, talajerózióhoz, a talaj átlúgosodásához is vezet. Másrészt viszont növekedik a lefolyás, és árvízveszély alakul ki. Ugyanakkor a lehullott vízmennyiség a víz körforgása által globális folyamatokat generál. A csapadékhullás helyén megnöveli a levegő páratartalmát, ami visszahat a víz előfordulási helyén lévő vízmennyiségekre is. Az aszályos, száraz és meleg időszakok viszont a kisebb vízmennyiségű nedves területekre hatnak ki. A nedves területek, vizes élőhelyek nagysága és száma egyre jobban fogyatkozik, az általuk betöltött szűrő funkció eltűnik, a vízszint csökken, a

feltöltődés és a vizek felmelegedése felgyorsul, ami azok eutrofizációjához vezet. A száraz periódusokban a talajvíz szintje visszahúzódik, amelyet pl. folyamok környékén a folyó talajvízleszívó hatása még jobban csökkent. Az özvízszerű esők és árvizek és a következőkben fellépő fölsuszamlások konkrét sérülésekhez vezetnek, de táplálkozási és pszichológiai következményei is vannak. Ugyanilyen komoly problémát jelenthet, hogy egy-egy nem áradásszerű esőzés szennyvízkiömléshez, akár bemosódáshoz vezethet, ami szintén az ivóvízbázisok minőségét veszélyeztetik, elszennyezhetik azokat, és növelik a fertőzésveszélyt is.

Az egyes emberi tevékenységek, a folyószabályozás és a bányatevékenység, valamint a klímaváltozás következtében fellépő általános vízszintcsökkenés mennyiségi, de minőségi problémákat is felvet. Ezek a mennyiségi problémák elsődlegesen az 1.5-ös pontban jellemzett nedves területeket érintik. Hazánkban az egyik olyan különleges terület, amely ezen tevékenységek következményeképpen majdnem eltűnt, a Kis-Balaton. S bár a dolgozatom tekintetében a Tapolcai Tavasbarlang nem egy tipikus vízi ökoszisztéma, a vízszintcsökkenés ott is komoly problémákat vet fel.

Az összességében lehulló csapadékmennyiség már a múlt században is jelentősen csökkent. A tavaszi periódusban mért csapadékmennyiség az ezredfordulóra már csak 75 %-a volt a század elei mennyiségnek. [20] A klíma változása nem csak abban nyilvánul meg, hogy emelkedik hazánk éves középhőmérséklete. A feljegyzett hőmérsékleti adatok mutatják, hogy korábban is voltak száraz, aszályos nyarak. Viszont a mostani száraz időszakok hatása sokkal károsabb a fokozatosan növekvő nyári hőmérséklet miatt.

A klímaváltozás a már korábban bemutatott területek mindegyikére kihatással van. A hőmérsékletváltozás hatással van a mezőgazdaságra és élelmiszertermelésre is. Az egyre forróbb, aszályosabb nyarak hatására a növénytermesztés terén komoly hozamcsökkenések tapasztalhatóak, ami élelmezési katasztrófához vezet. A megfelelő termeléshez egyre többet kell majd locsolni, ami tovább súlyosbítja majd a vízhiányt, hiszen az esővíz mennyiségi és eloszlási problémáit csak locsolással lehet ellensúlyozni. A gyakrabban fellépő hirtelen, nagy mennyiségű esővel járó időjárási anomáliák következtében fellépő áradások és árvizek is kedvezőtlen hatással lesznek a növénytermelésre. Azon kórokozók, amelyek vízben fordulnak elő, és vízzel az élelmiszerekbe kerülve a táplálékláncon keresztül könnyebben eléri az emberi szervezetet. Majd két évtizedes állategészségügyben eltöltött gyakorlatom alatt azt tapasztaltam, hogy hazánkban alig akad olyan vágóhídra szállított szárnyas állomány,

amely szalmonella-baktérium mentes lett volna. Az alap szalmonella törzsek a megfelelő hőkezelés hatására elpusztulnak, tehát alapvetően nem okoznak megfelelő előkészítési mód mellett problémát, mégis bizonyítható tény, hogy a nyári hőhullámokat követő 1-2 hétben megszorodik a szalmonellás megbetegedések száma. [43]

Az iparra is kedvezőtlen hatással lehet a klímaváltozás nyomában fellépő vízváltozás. Azon iparágak, amelyek folyóparton, vízdeltában találhatóak, és működésük ezen klímaérzékeny erőforráshoz kötődik, ki vannak téve mind a szélsőséges időjárási eseményeknek, mind a klímaváltozás következtében kialakuló vízhozam csökkenésnek. Ha csak a Paksi Atomerőművet nézzük, kiderül, hogy már az első négy reaktor esetében sem települhetett volna az üzem máshova, mint a Duna partjára, mert csak a fő folyamunk rendelkezik olyan mennyiségű állandó vízhozammal, amely alkalmas a vízhűtő funkció ellátására. Az Atomerőmű mostani, második üteme komoly kihívásokkal küszködik e téren, mert előzetes számítások szerint általános hőmérsékleti és vízjárás körülmények mellett a Paks 2. projekt újabb két reaktorának hűtése csak úgy oldható meg, ha hűtőtornyokkal külön csökkentik a hűtéshez felhasznált víz hőmérsékletét is. Ráadásul, bár az atomerőmű működése normál funkció mellett radioaktív problémákat nem okoz a környezetben, ugyanakkor a hűtővízként felhasznált természetes folyóvíz hőmérséklete megemelkedik, és ezáltal hatással van az eredeti természeti közegre.

Mindezen tényezők mellett nem csak a gyakoribbá váló szélsőséges események, és azok közvetlen hatása a vízbázisainkra okoz gondot, hanem az ezek közvetett következményeképpen fellépő társadalmi eseményekkel is számolni kell.

Az éghajlatváltozás következményei nem csak a gazdasági tevékenységeket, de a gazdasági fejlődést is megnehezítik. Migrációs folyamatokat generálnak, hiszen az erőforráshiány miatt elvándorlás lép(het) fel, még olyan kis területen, mint hazánk.

### **1.8. Részkövetkeztetések**

A víz tulajdonságainak és szerepének ismertetésével, a Föld, a hazai és a nemzetközi vízkészletek bemutatásával, az éghajlatváltozás nyomán őket érő hatások részletezésével a rávilágítottam arra, hogy a víz az első számú ásványkincsünk, valamint, hogy az éghajlatváltozás mind minőségét, mind mennyiségét tekintve hat vízbázisainkra, amelyek a nem megfelelő használat miatt veszélyeztetettek.

A vizes területek sokszínűségének, méretük csökkenésének, a kisvízi vízfolyások és állóvizek esetében a gyakoribbá váló alacsony vízállás miatti, a természetes vizeinkben

fellépő minőségromlás, a felszín alatti vízbázisok dinamikus utánpótlódásának megszűnésének bemutatásával szembeállítottam egyes iparágak egyre nagyobb fajlagos vízigényét, bemutatva azt az ellentmondást, ami e két folyamat között fennáll, és amilyen kihatással lehet vízbázisainkra. Emiatt a kettősség miatt egyre égetőbb szükség van a vízzel kapcsolatos prioritások megállapítására, a védelemmel kapcsolatos egyes feladatok újragondolására.

Mivel az éghajlatváltozás egyre szélsőséesebb időjárási viszonyokat okoz, és ezek természetesen befolyásolják a víz körforgalmát, különösen a hazánkhoz hasonló medence jellegű térségekben, kifejezetten fontos, hogy a szakemberek tisztában legyenek azokkal a változásokkal, amelyek az ivóvízbázisokat akár már a közeljövőben is érhetik.

Mint korábban is bizonyították, az éghajlatváltozás következtében csökken a felszíni lefolyás, de a talajba való beszivárgás is, amely a felszín alatti bázisok utánpótlását adja, összességében várható a hasznosítható vízkészleteink fogyatkozása. Ezért arra a következtetésre jutottam, hogy nagyobb hangsúlyt kell fektetni azon indikátor és monitoring rendszerekre, amelyekkel nyomon követhetők az éghajlatváltozás vízjárásra és vízgazdálkodásra gyakorolt hatásai, valamint azok következményei. Ezek figyelembevételével lehet nem csak modellezni, de számszerűsítve kifejezni a várható hatásokat. Amellett, hogy megfelelőbb vízkészlet-gazdálkodás alakítható ki, olyan módszerek is találhatóak, amelyek mérsékelik a klímaváltozás negatív hatásait, hiszen hazánkban az éghajlatváltozás aszályra, ár- és belvizekre gyakorolt hatását nem oldhatjuk meg a felszín alatti vízrendszerek figyelembevétele nélkül.

Részleteztem, hogy az egyes vízhasználati módokhoz milyen minőségű vízre van szükség, amelyek által a vízminőségi eredmények figyelembe vételével „menekülési” utat jelenthetnek a felhasználási módok rangsorolása szerinti tényleges igénybevételek. Emellett megoldást nyújthatna további víztározók kiépítése (Új Vásárhelyi Program alapján is épültek/épülnek), amelyek segítségével nem csak ki lehetne egyensúlyozni a vízhiányosabb időszakok vízigényeit, de hozzásegítenének az árvízi vízmennyiség elvezetéséhez is.



## **2. AZ IVÓVÍZBIZTONSÁGOT VESZÉLYEZTETŐ TÉNYEZŐK**

Annak ellenére, hogy a víz nélkül nem létezhet élet, az emberek számos formában veszélyeztetik azt. A vízkészletet veszélyeztető tényezők közül az antropogén környezeti hatások egyik nagy csoportját, a *vízszennyezést* sokféleféppen definiálhatjuk.

- a) Az egyik legegyszerűbb megközelítés szerint minden olyan emberi tevékenység hatására kialakuló körülményt értjük alatta, amelyek közvetlenül befolyásolják a felszíni, illetve a felszín alatti vizek minőségét.
- b) Más megközelítésben azokat a folyamatokat számítjuk ide, amelyek során a víz fizikai, kémiai, biológiai és bakteriológiai tulajdonságai károsan megváltoznak, a víz részben vagy teljesen alkalmatlanná válik emberi használatra, illetve a természetes vízi életfolyamatokra is veszélyesen hat.
- c) Egy másik szakterminológia szerint akkor beszélünk vízszennyezésről, ha az egyes (veszélyes) anyagok mértéke meghaladja azok természetes vizekben található koncentrációit. [5] [44]

### **2.1.Kockázati tényezők**

A legfontosabb veszélyeztető tényezőket eredetük, módjuk és a szennyezések típusa alapján többféleféppen csoportosíthatjuk [45]:

#### **2.1.1.Természeti eredetű kockázati tényezők**

Amint már többször hangsúlyoztam, az elmúlt években megnövekedett a rendkívül szélsőséges időjárási jelenségek száma és az ezek következtében fellépő belvízi és helyi vízkár események, de az aszályos időszakok mennyisége is. Mindezek együtt és külön-külön is veszélyeztetik vízbázisainkat. Hazánkban az árvízi védekezés komoly múltra tekint vissza. Ugyanakkor azt is elmondhatjuk, hogy a többlet vizek elleni védekezés elsődleges pillérének is az árvízi védekezés számít, és csak a második helyen áll a belvízi védekezés. A vizek kártétele mellett az aszály fenyegeti legjobban hazánkat. S bár az utóbbi időben megnövekedtek a szélsőséges időjárási jelenségek következtében fellépő káresemények, az aszályal és annak hatásaival kapcsolatban még mindig nagyobb a bizonytalanság, mint az árvízi kártételekkel kapcsolatban.

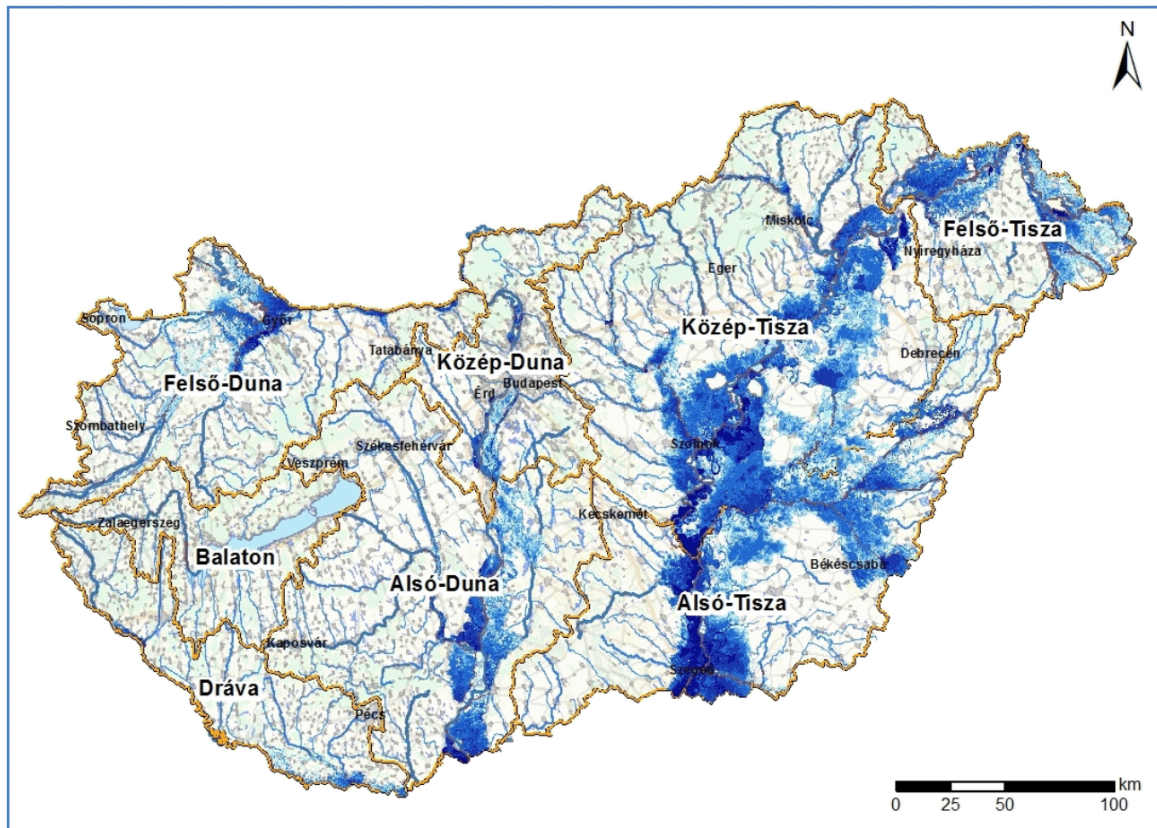
##### **2.1.1.1.Földrajzi helyzetünk**

Mivel Európában hazánknak van a legtöbb olyan felszín alatti vízbázisa, amelyen valamely szomszédos országgal osztozunk a határainkon (185 felszín alatti víztest

esetében 40ilyent találhatunk), még inkább megnöveli a kiszolgáltatottságunkat, hiszen nem csak a hazai, de a határon túli események és hatások is befolyásolják a vizek minőségét és mennyiségét, nem csak a felszíni, de a felszín alatti vízbázisok tekintetében is. [46] Mivel a tény a felszín alatti vizeinket érinti, sokkal kevésbé látványos az ilyen irányú kitétség és az esetleges szennyeződés. Ahogy Magyarország a felszíni vizek tekintetében, úgy a felszín alatti vízkészleteket illetően is alvízi helyzetben van, tehát nagy részben kiszolgáltatott a helyzetünk. A szomszédaink közül Ausztria, Szlovákia, Szlovénia, Horvátország és Románia már az Európai Unió tagja, ami miatt a szakmai együttműködés a jogharmonizáció, a VKI és az egyes Duna-programokon keresztül egyszerűbb, Szerbia és Ukrajna még nem EU tagok, még ha csatlakoztak is bizonyos Duna-programokhoz, az ő esetükben nehézségek adódhatnak. Hazánk változatos földtani és hidrogeológiai képet mutat, megtalálható itt minden, vízellátás szempontjából érdekes jelenség és geológiai képződmény. A karszthegységeink mellett vulkáni, magmás és metamorfit kőzeteink is vannak, amelyek különleges vízraktározási viszonyokkal bírnak. Hazánkban a felszín alatti kőzetpórusokban és repedésekben egy időben kb. 5000 km<sup>3</sup> víz helyezkedik el, amely mennyiség az ún. statikus felszín alatti készletet adja. Viszont a fenntartható vízhasznosítás szempontjából kevésbé a statikus, mint a dinamikus készletek meghatározása kiemelendő. Pillanatnyilag a szakemberek abból indulnak ki, hogy országos szinten 2–3 km<sup>3</sup>/év mennyiség körül van a felszín alatti, fenntartható módon kitermelhető vízkészlet [46].

#### **2.1.1.2. Árvíz**

Hazánk, fekvése és medencejellege miatt is, az egyik leginkább árvízveszélyeztetett terület Európában. Magyarország felszíni vizeinek 95 %-a a határon túlról érkezik, s bár fajlagos felszíni vízkészletünk a maga 11.000 m<sup>3</sup>/év/fő körüli értékével egész Európában kimagasló, addig az országon belüli lefolyás (600 m<sup>3</sup>/év/fő) a legalacsonyabbak közé tartozik. [47] A határon túlról érkező folyók a hirtelen ellaposodó magyarországi sík vidékeken könnyen kifejtik káros hatásukat. Több tízezer km<sup>2</sup> mélyen fekvő, lefolyástalan területe van Magyarországnak, amelyeket árvíz esetén elöntés fenyeget, amelyet a 10. ábra is jól szemléltet.



10. ábra: Árvízveszélyes területek hazánkban - Az országos 1 %-os elöntési térkép (100 évente egyszer legalább előforduló, amely a MÁSZ alapját képezi) [48]

Ráadásul a klímaváltozás következtében már nem csak közepes és nagy folyóink környékét fenyegeti az árvízveszély, hanem a hirtelen fellépő és gyakori záporok, esők miatt a kis vízfolyások is könnyen kilépnek a medrükből. Olyan vízgyűjtő területek is veszélyeztetetté váltak újabban, amelyek korábban a legritkább esetben igényeltek figyelmet. Hazánkban az árvízi védekezésnek nagy múltja van. Az elmúlt 150 év alatt mintegy 4200 km hosszúságú árvízvédelmi töltésrendszer épült ki a folyók mentén [49]. Amennyiben az áradások túllépnék a mértékadó<sup>17</sup> vízszintet, az árvízcsúcsokat sok helyütt szükségtározók megnyitásával tudják csökkenteni. Ugyanakkor az elmúlt évtizedekben nem csak az árvízi események száma növekedett, hanem ezzel együtt az árvizek szintje is. Bár Magyarországon az árvíz elleni védekezések érdekében felépített töltések száma kielégítőnek tűnik, azok kialakítása nem mindenhol kellően átgondolt, sokszor a mentett oldalon elzárják az ottani holt- vagy mellékágakat, ahova esetleg a túlzott mennyiségű víz elfolyhatna. A töltések mellett a beszabályozott folyómedrek, a

<sup>17</sup> Mértékadó árvízszint: 1 %-os valószínűségű, azaz 100 éves visszatérési idejű árvízszint + 1 m-es magassági biztonság figyelembevételével határozták meg

kiépített partvonalak, valamint a parti növényzet hiánya is gondot okoz. Ugyanígy problematikus lehet, hogy a szabályozások következményeként nem megoldható a földterületek elárasztásának lehetősége sem, és ezek együttesen kedvezőtlen hatással vannak a vizek ökológiai állapotára. Ahogy a földhasználat változása, az éghajlati szélsőségek megmutatják, hogy a hagyományos árvízvédelmi megoldások már nem nyújtanak megfelelő biztonságot a környezet, és azon belül a vízbázisok számára.

A hazai vízgazdálkodásban és vízvédelemben az árvízi védekezés mindig is nagy jelentőséggel bírt, és ez az utóbbi időben csak fokozódott. Hazánkban az árvizeknek leginkább kitett Tiszán és környékén található nem egy olyan város, amelyek ivóvízellátása karsztvizekre vagy parti szűrésű vizekre települt. A karsztvizek esetében a felszínnel való közvetlen kapcsolat, a direkt felszíni utánpótlódás, a parti szűrésű vizek esetében pedig a vízutánpótlás mellett a vízkivételi műtárgy okoz gondot, amely sokszor nem jelent biztos védelmet az esetleges áradásokkal szemben, és így egy árvíz esetében könnyen szennyeződhet. Tovább nehezíti a helyzetet az a tény, hogy a szennyeződést sokszor csak utólagosan érzékelik, amikor is a víz minősége olyan mértékben megváltozik, hogy nagyszámú megbetegedés lép fel a lakosság körében. Ilyen szennyeződésről történt 2006-ban, Miskolcon is. Akkor a Sajó áradása következtében az ottani kutak teljes mértékben víz alá kerültek és azokon keresztül a szennyvíztisztítóba kimosódott szennyező anyag jutott az ivóvízbe, amely tömeges megbetegedést okozott a lakosság körében. De a 2006-os árvíz során 200 fölé tehető a karsztszennyeződések száma is. A Hernád és a Bodrog területe pedig nyílt ártéri terület, ahol egy áradás esetében a lehető legkisebb ellenállás nélkül elérhetik a parti szűrési vízbázisokat az árhullámok.

### **2.1.1.3. Belvíz**

Hazánk fekvése miatt nem csak az árvízi veszélyeztetettség nagy, de a belvízi is. Magyarország 20-25 %-a olyan mély fekvésű, sík terület, amelyről természetes úton nem folyik le a túlzott mennyiségű víz, és amelyeket időszakosan vagy állandóan, hosszabb időre elborít az összegyűlt olvadékhóból, csapadékból származó víz. A belvízzel veszélyeztetett terület nagysága eléri a 4,4 millió ha-t, amelynek majd a fele intenzíven művelt mezőgazdasági terület. A hosszabb ideig belvízzel tényleges elöntött területek nagysága 120-400 ha között van évente. [50]

A belvíz közvetlen módon és közvetetten is károkat okoz. Amikor a földfelszín víz borítja el, a vízgyűjtő területekre jóval nagyobb hidrometeorológiai terhelés jut az

előzetesen tervezettnél. Közvetett módon pedig talajerózió<sup>18</sup>, a földterülethez kötődő mezőgazdasági feladatok elvégzésének késleltetése, helyreállítási feladatok kialakítása, illetve fokozott energiabeviteli körülmények létrehozása. Vizeink tekintetében a talajerózió, illetve az általa a talaj szűrő- és védőfunkciójának szerepváltozása emelendő ki.

#### **2.1.1.4. Esőzések**

A csapadékosság egyik alapvető jellemzője annak valamely időtartam alatt hulló mennyisége, amelyet a csapadékmagasság fejez ki, s amelynek számszerű értékét mm-ben adjuk meg. [18] Ez tulajdonképpen annak a vízrétegnek a vastagságát jelenti, amely akkor borítaná a felszínt, ha a lehulló csapadék helyben maradna, ha a csapadékhullással egy időben nem lenne párolgás, beszivárgás és felszíni elfolyás sem.

A hirtelen, monszunszerű esőzések száma az elmúlt évek, évtizedek éghajlatváltozási folyamatainak következményeképpen megnövekedett, ami az egy időben lehullott csapadékmagasság drasztikus emelkedésével járt. (Ezzel párhuzamosan azt is kimutatták azonban, hogy gyakran az átlagos csapadékmennyiség nem változott egy adott időszakra nézve, csak a csapadék hullásának intenzitása erősödött meg.) Mindehhez hozzájön a vízelvező és kiegyenlítő műtárgyak elhanyagolt állapota (gyakran hiánya), amely az özőnviszserűen lehulló csapadékmennyiséget aműgy is nehezen elvezető csatornahálózat működését még jobban megnehezíti. A megfelelően méretezett kiegyenlítő műtárgy hiányában a túlzott esőzések rendkivűli hidraulikai és szennyezőanyag terhelést jelentenek az élővizekre, veszélyeztetve az abban lévő élővilág élettani feltételeit. [16 p.97] Az eleveniszap kimosódása például a szennyvíztelepeken, az eltömött, vagy nem rendesen tisztított, feliszaposodott árkok gyakran megtalálhatóak az időként előforduló vízminőségi haváriák<sup>19</sup> okai között.









































Ugyanakkor a lehullott csapadék mennyisége mellett annak minősége is problémát jelenthet. A burkolt felületek szennyezettsége (és a burkolt felületek aránya folyamatosan növekszik), a megnövekedett motorizáció következményeképpen az atmoszférában kiülepedő szennyezőanyagok, a földfelszínre lehullott csapadék minősége a téli időszakban a jegesedés ellen használt sószórás, vagy az olyan mindennapos emberi tevékenységek, mint a szemetelés és a kutyasétáltatás miatt azok

<sup>18</sup> A talaj felső, termő rétegének részleges vagy teljes pusztulása

<sup>19</sup> Természeti csapás, vagy az emberi tevékenység következtében létrejövő veszélyhelyzet, például ipari baleset.

minőségének romlásához vezet, és a bemosódás által a vizek szennyezéséhez járulnak hozzá.

Bár napjainkra már nem aktuális jelenség, korábban komoly problémát okozott a savas eső hatására mindenekelőtt állóvizeinkben jelentkező elsavasodási problémák is. A savas esők hatására a fito- és zooplankton mennyisége jelentősen csökken, még akkor is, ha a víz továbbra is tiszta, átlátszó és egészséges benyomást kelt. A vízben élő állatfajok a pH-val szemben különböző tűrőképességgel rendelkeznek (ld. 11. ábrán bemutatott halfajokat, és azok pH-ra való érzékenységét). A pH érték minimális változása is hatással van egyes halfajok anyagcseréjére, ezáltal a növekedésére és a szaporodási képességére is. A savasodás, mértéktől függően hozzájárulhat az ökológiai egyensúly megbomlásához. Az érzékenyebb halfajok közül például a pisztráng és a lazac ikrái már 6-6,5 pH értéknél károsodnak, de a kifejlett egyedek is elpusztulnak 5,0-5,5 pH-nál. A ponty ellenben még eltűri a 4,8-as pH értéket is, de vannak egyedek, amelyek tűrőképessége nagy, rövidebb ideig elviselik a 3,5 pH-t is. Általában elmondható, hogy a 4,5 pH-nál alacsonyabb értékek esetén a vízben már nem élnek halak. [51 pp.334-335].

állatfaj	pH	6,5	6,0	5,5	5,0	4,5	4,0	3,5
folyami sügér								
tavi pisztráng								
tengeri pisztráng								
sárga sügér								
szalamandra-embrió								
kagylók								
szitakötő-larva								
keringő-koqár								
hátonúszó poloska								

11. ábra: A különböző víziállat fajok tűrőképessége a pH változásával szemben [5]

### 2.1.1.5. Aszály

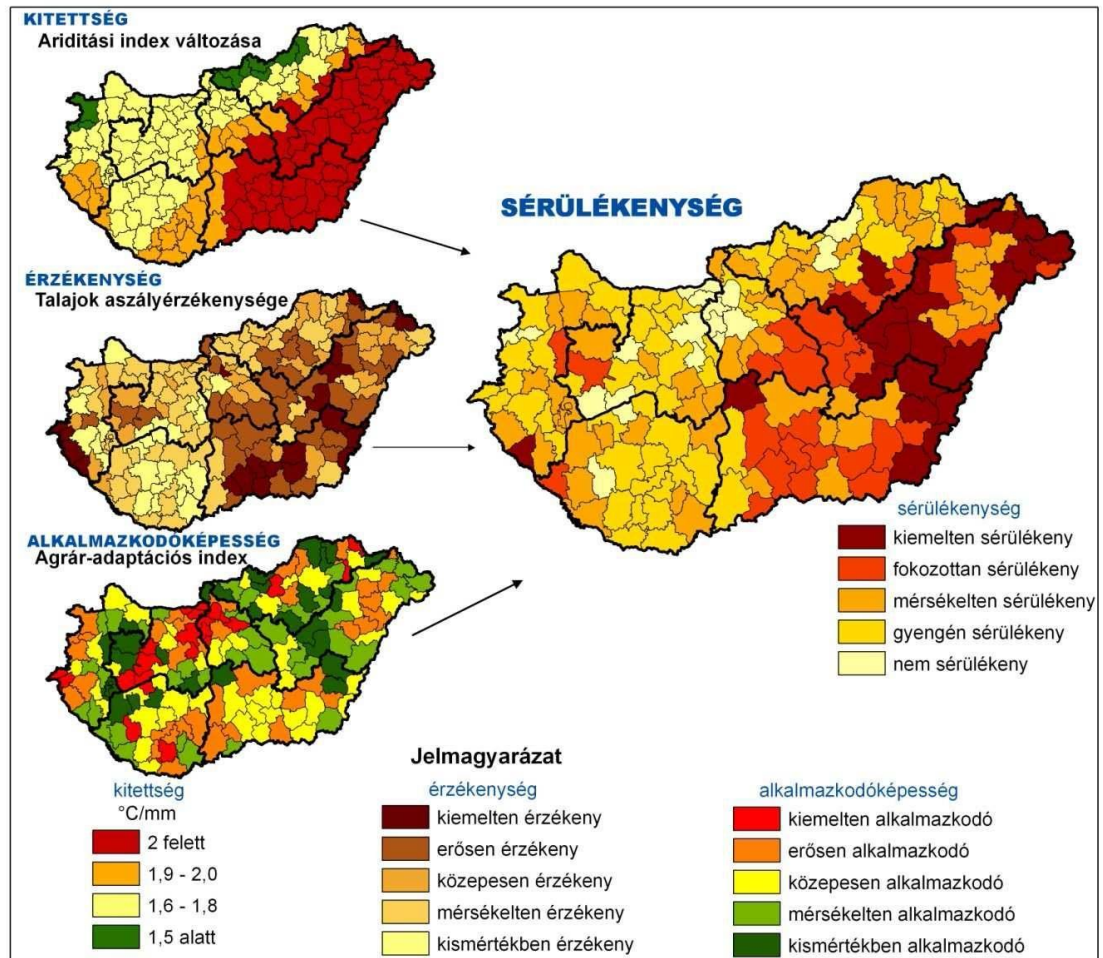
Az aszálynak többféle definíciója létezik a szakirodalomban. Minden definícióban közös, hogy az átlagosnál kevesebb csapadék és annak a hatása megfogalmazódik benne. A Meteorológiai Világszervezet általi legfrissebb megfogalmazás szerint „az aszály az általános (szokásos) mértéket jelentősen és tartósan meghaladó vízhiány”. [52]

Az aszály, a szárazodás az elmúlt években hazánk kb. 80-90 %-át veszélyezteti rendszeresen, ahogy ezt az alábbi diagramm (12. számú ábra) is mutatja. [53]



12. ábra: Magyarország aszályal érintett területeinek aránya a PAI index alapján [53]

Aszálymentesnek csupán az ország nyugati, délnyugati része tekinthető. Magyarországon az éghajlatváltozás miatt növekszik az aszályos időszakok száma, ezzel párhuzamosan elsivatagosodási folyamat figyelhető meg. Európai viszonylatban országunk az egyik legveszélyeztetettebb a csapadék mennyiség csökkenésének szempontjából. Az Országos Meteorológiai Szolgálat mérési adatait és kimutatásait megfigyelve kiderül, hogy a viszonylag alacsonynak mondható hőmérsékletnövekedés (+0,5 C°) is kb. 10 %-os csapadékcsökkenést vonhat magával. Az OMSZ 110 éves időszakot értékelt az évtizedenként Magyarországon előforduló meleg-száraz évek száma alapján. Az eredmények szerint az aszályos évek 10 éven belüli alakulása évtizedenként 0,3-0,6 évvel megnőtt. Az aszályos időszakok számának növekedése és az időszakok hosszabbodása pedig az élet minden területén komoly problémákat okoz, ahogy azt a 13. ábra is mutatja.



13. ábra: Hazánk éghajlati kitettsége, érzékenysége, alkalmazkodóképessége és sérülékenysége az aszály és szárazodás vonatkozásában. [54]

Az aszályos időszakok is komoly kihatással vannak, lehetnek felszín alatti vízbázisainkra is. Az aszályos időszakok számának növekedése, valamint azok időtartamának meghosszabbodása hozzájárul a vizes ökoszisztémák visszaszorulásához, azok vízháztartásban betöltött szerepének csökkenéséhez, olyan mértékben is, hogy az már akadályozza egy adott ökoszisztéma működését, ezáltal a jó ökológiai állapot elérését, vagy a már meglévő állapot fenntartását. A lápok például kiemelkedően fontos szerepet töltenek be. Egyrészt a bennük elhaló növényi anyagok nem bomlanak le, hanem tőzeget képeznek, felhalmozódnak, és ezáltal szén megkötésére alkalmasak. A szénfelhalmozás mellett igen jelentős mennyiségű vizet is képesek megkötni, így meghatározó a szerepük a vízvisszatartásban. Általánosan is jellemző azonban, hogy az aszály hatására a halak természetes ivóhelyei csökkennek. Mindemellett a felszíni vizek vízminőségében fontos szerepet játszó növényzet, mint a nádasok, alsóbbrendű fajok érzékenyen reagálnak a vízszint csökkenésére, illetve a víz hőfokának emelkedésére. A



vízszint csökkenésével ráadásul a vízben található nem illékony szennyező komponensek koncentrációja növekedhet, arányaiban szennyezettebb lesz a vízbázis. Teljes táplálékhálózatok változhatnak meg, és kevésbé érzékeny, invazív<sup>20</sup> fajok vehetik át az érzékenyebbek helyét.

Az aszályok közvetlen hatással is vannak vízkivételi műveinkre. A Szolnoki Vízmű például a Tisza egyik holtágára települt. Emiatt aztán amikor aszályos időszakokban az eutrofizáció folyamata felgyorsul, komolyabb tisztítási feladat vár az ott elhelyezkedő vízműre.

Az aszályos időszakok hatására csökken a talajvízszint. Ezt többnyire a nem megfelelő vízrendezés (túlzott vízkivétel, a földhasználati módok, csatornacsapolás, stb.) még tovább rontja, és a talaj tömörödéséhez, degradációjához, elsivatagosodáshoz vezet. Mindezen hatások nyomán a növényvilág terméshozama is megváltozik, ellenálló képességük, terméshozamuk csökken. A talajváltozás földhasználati változást is maga után von, és a növénytermesztés teljes átalakítása szükségeltetik. A nedvesebb, hűvösebb időjárást kedvelő növények (málna, krumpli, stb.) termesztésének megszűnésével is számolnunk kell.

Az aszály a hazai természetes flórán és faunán is nyomot hagy. Erdeinkben a csapadékcsökkenés és a szélsőséges időjárási jelenségek egyértelműen nyomon követhetők. Egyes biotikus károk és kockázatok lehetősége megnő. A szárazabb és melegebb időjárást követően olyan fajok elterjedése jellemző, amelyek könnyebben alkalmazkodnak. Ilyenek pl. a parlagfű, a selyem-kóró, de a rovaroknál a gyapjaslepke és egyes szúfélék. [55]

### **2.1.2. Kockázatos emberi tevékenységek**

Bármely, a földfelszínen végzett emberi tevékenység kihatással van a felszín alatti vízgyűjtőkre is. Azokat a kockázatos emberi tevékenységeket, amelyek károsan befolyásolhatják a felszín alatti vizeket, csoportosíthatjuk a tevékenység jellege vagy a területhasználat módja szerint is.

A kockázatos emberi tevékenység lehet:

- a felszín megbontása, ill. a felszín izolálása, borítása,
- vízkivétel, vízhasználat, felszín alatti vízszintek megváltoztatása,
- vegyi anyagok gyártása, használata és tárolása,

<sup>20</sup> Olyan állat- vagy növényfaj, amely új területre tévedve hamar elterjed.

- hulladékok és veszélyes hulladékok keletkezése és tárolása,
- vagy akár egy haderő fenntartása is.

(Mivel a kockázatos emberi tevékenységek és a kockázatos területhasználati módok részben átfedik egymást, egynémely tevékenység a másik alfejezetben kerül részletezésre.)

A nem megfelelő **talajművelés** és helytelen **erdőgazdálkodás** a talaj szerkezetének megváltozásához, valamint talajerózióhoz vezet, amely a felszíni vizek lefolyásának felgyorsulását, a beszivárgás megváltozását okozhatja. Az esetlegesen túllöntözött talajból nagyobb lesz a beszivárgás, a talaj eredeti szerkezete megváltozik, a talaj kilúgozódik vagy elszikesedik. Ezzel szemben a mesterségesen lefedett felszín pedig gátolja a csapadék talajba kerülését, befolyásolja a vízmennyiség területi eloszlását, megbolygatja a beszivárgás helyét. A földfelszín borítottságának kérdésében külön kell választani a termőtalaj meglétét, illetve a lakott területek, ipari létesítmények és a közutak általi **szilárd** burkolattal borított **felszín**. A mesterségesen lefedett felszín pedig gátolja a csapadék talajba kerülését, befolyásolja a vízmennyiség területi eloszlását, megbolygatja a beszivárgás helyét. A városok, lakott területek talajának nagy részét szilárd burkolat borítja. Ez amellett, hogy megváltoztatja a környezet hőviszonyait, hatással van a vizek lefolyására és beszivárgására is. A nem borított részeknek kell elnyelnie a borított részokről részben leszivárgó felesleges vízmennyiséget, ezért ott intenzívebb beszivárgás valószínű. Az esővíz ráadásul a borított részokről többnyire a csatornahálózatba kerül, és onnan pedig a felszíni vizekbe, de nem éri el a felszín alattiakat. A felszín borítottsága eleve megváltoztatja az alatta lévő talaj szellőzését, vízviszonyait, ezáltal hatással lehet a borított felszín alatti víz áramlására is.

Mivel az utánpótlódás mennyisége megváltozik, hatással van az adott vízbázis minőségére is. A felszín megváltoztatása általában véve hatással van az egyes vízbázisok ún. elérési idejére, és ezáltal azok minőségére.

A **víz** nem megfelelő módszerrel történő, vagy túlzott mértékű **kitermelése** megváltoztatja a víztartó rétegek energetikai viszonyait, de a gyógy- és hévizek túltermelése is minőségromláshoz vezet. [56] A vizek kitermelése során az olyan banálisnak tűnő pontok, mint a csővezetékek megfelelő állapota is komoly jelentőséggel bírnak. Ha nincs állandó vízmozgás egy hálózatban, ha pang a víz, az vízminőségromláshoz vezet. Az is fontos, hogy üzemzavar vagy csőtörtés esetén (csőkötések sérülése, stb.) ne kerülhessen szennyező anyag a rendszerbe.

Indirekt hatásnak számít, de mégis említendő az **invazív fajok**<sup>21</sup> betelepítése is. Az élővizek esetében is jellemző, hogy nem egyszer olyan (hal)fajokat telepítenek be, amelyek kis egyedszámú jelenléte akár kifejezetten előnyös is lehet (pl. makrofita amúr), ugyanakkor túlzott elszaporodása teljességgel tönkre teheti az élettér növényvegetációját, és ezzel hatással van a vizek minőségére.

A civilizáció által generált folyamatok rengeteg mellékterméket termelnek, amelyek a természet számára idegenek. Az ilyen termelődő idegen anyagokat **hulladéknak** vagy szemétnek<sup>22</sup> nevezzük. A keletkező hulladékok halmazállapotuk alapján lehetnek szilárd, folyékony, iszapszerű és gáz halmazállapotú, eredetük szerint léteznek települési és ipari vagy termelési hulladékok, valamint veszélyesség alapján is osztályozhatjuk őket, veszélyes, nem veszélyes és inert hulladékokra osztva őket. [57] Természetesen hazánk is rendelkezik a veszélyes hulladékok kezelésének általános szabályairól (98/2001. (VI.15.) Korm. rendelet), a veszélyes hulladékokra vonatkozó általános érvényű feltételekről, korlátozásokról és tilalmakról. A szabályozás különleges részletességgel tárgyalja a keverés kérdését, hiszen korábban a hulladékgazdálkodás egyik gyenge sarokpontját jelentette, hogy sok esetben a veszélyesség látszatának elkerülésére a hulladék hígítással történő kezelése volt a megoldás, melynek következményeként nem egyszer szabálytalan kihelyezésre kerülhetett veszélyes hulladék is. [58]

A kockázatos emberi tevékenységek egyik különleges csoportját alkotja a **haderő** fenntartása, bevetése. Napjainkra egyértelmű lett, hogy az egyes országok haderői a legnagyobb környezetszennyezőknek számítanak a világon, és az elmúlt évtizedek háborús konfliktusai bebizonyították, mekkora környezetrombolással jár a modernkori hadviselés. Még akkor is, ha egyes nemzetek nem vívnak háborút, de fenntartanak egy állandó hadsereget, már békeidőszakban, az általános kiképzési és felkészülési időszakban is környezetszennyező tevékenységet folytatnak. A terep- és lögyakorlatok, a fejlesztési folyamatok során a fegyvertesztelések, de akár a katonai létesítmények, a hozzájuk tartozó infrastruktúra kiépítése is negatív hatással vannak a környezetre, a

<sup>21</sup> Olyan állat- vagy növényfaj, amely egy új területre kerülve gyorsan elterjed

<sup>22</sup> Hulladéknak azokat az anyagokat nevezzük, amelyek keletkezésük helyén, legyen az egy háztartás, ipari terület, mezőgazdaság vagy akár a hadsereg, haszontalanná váltak, viszont anyagfajtánként szétválogatva és külön kezelve másodlagos nyersanyagként még hasznosíthatók. Ezzel szemben szemétnek számít minden olyan haszontalanná vált anyag, amelyet már nem lehet, vagy nem akarunk tovább használni, hasznosítani és így kikerül a gazdasági körforgásból, tárolásra, lerakásra vagy éppen eliminálásra kerül. [59]

természetes élőhelyekre. Nem csak a háborús konfliktus ideje alatt, de már az előkészületei során is óriási mennyiségű mérgező anyag, veszélyes vagy radioaktív hulladék terheli a környezetet, a talajt, a vizet, a levegőt és az ott élőket. Amikor ráadásul egy háborúban vegyi, biológiai, radiológiai vagy nukleáris eszközöket vetnek be, senki nem tartja szem előtt, hogy a „kezelt” célterület a termőföldekkel, a hozzájuk tartozó talajjal és vízbázisokkal milyen mértékben szennyeződik vagy fertőződik, hanem a hangsúlyt arra fektetik, hogy az ellenséggel ily módon tudnak a legkönnyebben leszámolni. Így az ottani területek eszköznek számítanak csak. [60]

Egy haderő tevékenysége során számos olyan anyag kerül felhasználásra, amely szennyezheti a környezetet. A felrobbant és fel nem robbant lőszeresek többek között a talaj és a talajvíz **nehézfém-szennyezését** okozhatják. A volt lőterek, gyakorlóterek feltérképezésekor a felrobbant töltetek fémmaradványai mellett többnyire higany-, ólom-, réz-, valamint szegényített uránmaradványokat (depleted uranium) és egyéb anyagokat találtak. [61] A fegyverekkel kapcsolatos mérgezőanyagokat többnyire ki tudják mutatni a talajvízből, és sokszor a közelben található vízi élővilág egyedeiből is. A nehézfémekkel szennyezett ivóvíz roncsolja a sejtek fehérjéit, gátolja az anyagcserét. Amellett, hogy a direkt szennyeződött ivóvízzel bekerülhet a szervezetbe, a táplálékláncon keresztül, élelmiszer formájában is eljuthat az emberhez.

Amellett, hogy a haderő tevékenységével veszélyes anyagok juthatnak ki a környezetbe, az emberi tevékenységek, például a taposás vagy a nagy tömegű harcjárművekkel végzett vezetési gyakorlatok károsító hatással vannak. Amellett, hogy **talajerózióhoz** vagy éppen **talajtömörödéshez** vezetnek, az ilyen területeken a talajképződési folyamatok során kialakult termőtalaj is elvékonyodik vagy teljesen el is tűnik, ami által a talaj szűrő- és védőfunkciója megszűnik, a vízbázisok könnyebben szennyeződnek. [62] A tömörödött talajba a víz nehezebben jut be, elfolyás léphet fel, a talajvíz, illetve egyéb vízbázisok felszíni utánpótlódása nem biztosított, a talaj levegőzöttségében is zavar keletkezhet. A fegyvertesztelések, pl. a **nukleáris fegyvereké**, azok használata is komoly környezetkárosítást okoznak. Ráadásul nem csak lokálisan szennyeznek, hanem több száz, ezer kilométernyi távolságban kimutathatóak a növényekben, a fák évgyűrűiben, az állatokban, óceáni üledékben, sőt, a sarkköri jégben is (igaz, ezek háborús konfliktusoktól függetlenül is ugyanezen hatást fejtik ki). S amíg a legtöbb egyéb szennyezés hatásai viszonylag behatárolható időn belül semlegesíthetőek, addig egyes radioaktív anyagok több ezer vagy millió évig feleződnek. E helyen kell megemlíteni a szegényített urán alkalmazását is. A szegényített urán nagy

mennyiségben, relatíve olcsón áll rendelkezésre, és megnöveli a páncéltörő lövedékek áthatoló erejét úgy, hogy a legmodernebb kompozit acél-kevlár páncélon is képes áthatolni. A szegényített urán sugárhatása minimális, a természetes háttérsugárzás töredéke. Használatának veszélyes mivolta abban gyökerezik, hogy a szétszóródott urán a becsapódás során oxidálódik, azaz a fémuránból valamilyen urán-oxiddá –  $UO_2$ ,  $UO_3$ ,  $U_3O_8$  – alakul. A részecskeméret miatt könnyen belélegezhetőek, illetve mert ezek az oxidok vízben nem oldódnak, növényekben és állatokban kiülepedve, azok elfogyasztásával bekerülnek az emberi szervezetbe. S bár ezek nagyobb része a vízzel eltávozik, 10-15 %-uk a vesében és a májban lerakódik, és olyan elváltozásokat okozhatnak az emberi testben, mint a többi nehézfém. [61]

A vietnámi háború során bevetett Agent Orange és egyéb **herbicidek**<sup>23</sup> a helyi faállomány jelentős részét kipusztították. A növényi vegetáció olyan károkat szenvedett, hogy sok helyütt mára sem tudott az erdők nagy része rehabilitálódni. A vietnámi háború majd 10 éve alatt az amerikai haderő kb. 2,5 millió hektár esőerdő lombkoronáját semmisítette meg a vietkongok álcáinak felfedésére. Az Agent Orange és az Agent White a kétszikű növények, míg az Agent Blue az egyszikűek ellen volt hatásos. A vegyületeket ráadásul gázolajjal vagy kerozinnal hígították. Ezáltal az erdők 10 %-át, a mocsárerdők mintegy 36 %-át teljesen elpusztították. Amellett, hogy ezek a szerek az erdők lombzatát elpusztították, egyéb hatással is rendelkeztek, még ha azok csak jóval később jelentkeztek is. A keverékekben karcinogén<sup>24</sup>, mutagén<sup>25</sup> és teratogén<sup>26</sup> hatású **dioxin** is megtalálható volt. Azon felül, hogy a dioxinfélék komoly fejlődési rendellenességeket okoztak, a talajba és a vízbe is beszívódtak, megmérgezve a természetet növényeket és az állatokat, az ivóvízbázisokat, maradandó egészségkárosodást okozva ezzel. A dioxinok zsírban oldódó vegyületek, amelyeknek a víz tökéletes transzportközege, és a táplálkozással, különösen hal, hús- és tejtermékekkel jutnak a szervezetbe, ahol viszont a zsírszövetekben felhalmozódnak, onnan nem ürülnek. Szakemberek véleménye szerint a természet rehabilitálódásához, a talaj és a vízbázisok mentesítéséhez legalább egy évszázadnak kell eltelnie. [63] A világító rakétákban is használt **fehér foszfor** például hevesen és gyorsan ég, ezáltal könnyen lánggra lobbanthatja a ruházatot, üzemanyagot, lőszert és egyéb éghető

<sup>23</sup> növényzetpusztító anyag

<sup>24</sup> Karcinogén: rákkeltő

<sup>25</sup> Mutagén: Olyan hatások összefoglaló neve, amelyek a genetikai anyag mutációját válthatják ki.

<sup>26</sup> Teratogén: szaporodást gátló és az utódokban fejlődési rendellenességet okozó

anyagokat súlyos égési sérüléseket okozva. A fehér foszfor direkt pusztító hatása mellett az érintett területek vízi élővilágát is pusztítja, és a vizeket megmérgezi. Amellett, hogy a foszfor nagyobb dózisban halálos az élőlényekre, kis mennyiségben, különféle vegyületek formájában pedig az élővizekben található kék és zöld algák elszaporodását okozza, amely a felszíni vizek eutrofizációjához vezet, és indirekt módon halpusztulást okoz.

Nézzük meg azon tevékenységeket is, mint például az első Öböl-háborúban az **olajkutak felgyújtása**. A levegő szennyezése mellett több km<sup>2</sup>-nyi talajt fedett olaj, amely a homokkal és a korommal keveredve aszfaltszerű anyagot képezett a földfelszínen. Ez az érintett területeket olyan mértékben károsította, hogy az ország azon része lakhatatlanná vált. S az ott kifolyt olaj nem csak a szárazföldet érintette, hanem a tengerbe is bejutott, károsítva azzal a vízi élőhelyeket. [64] Az olaj vízben nem oldódik, összefüggő réteget alkot a víz felszínén. Ezzel meggátolja a napsugarak behatolását, a vízfelszín levegőzését. Mivel fény és oxigén hiányában a víz alatt igen gyors pusztulás következik be, romlik a víz minősége. Másodlagos vonzata, hogy az olajos szárnyú madarak nem tudnak elrepülni, élelmet szerezni, és a tetemek szintén szennyező hatással vannak. Emellett az olajtüzeknél jelentős mennyiségű policiklusos aromás szénhidrogén került a környezetbe. Ezek a szénhidrogének az angol „Polycyclic Aromatic Hydrocarbons” szóból eredően a „PAH” elnevezést kapták. Ebbe a csoportba legalább 100 különböző vegyület tartozik. Legtöbbjük már önmagában is karcinogén hatású, de összességében elmondható róluk, hogy mérgezőek a vízi szervezetekre, a vízi környezetben hosszan tartó károsodást okozhatnak (R mondatuk: R50/53, H-mondataik: H400/410/411/412/413). [65] [66]

Az Európában zajló események közül a délszláv háborút és a NATO szerbiai légitámadásait emelném ki. A légicsapások során az ellenséges csapatok mozgásának megbénítása érdekében lebombázták az üzemanyagraktárakat. A felrobbant raktárakból, vegyi üzemekből, erőművekből hatalmas mennyiségű szénhidrogén került a talajba és a vizekbe, nem csak helyi szintű problémákat okozva, hanem közvetve érintve több délkelet-európai országot. A Pancevo mellett található olajfinomító bombázásakor az üzem, hogy megelőzzön egy esetleges robbanást, közvetlenül a Dunába engedett hatalmas mennyiségű mérgező oldatot, többek között 800 tonna 33 %-os sósavoldatot, 1.000 tonna nátrium-hidroxidot, 3.000 tonna egyéb lúgot, emellett higanyt tartalmazó vegyületet is. Ugyanezen konfliktus hatására megközelítőleg 200 tonna ammónia oldatot is a Dunába eresztettek egyéb üzemekből. [67] A NATO légicsapásai során

pedig nem kevés szegényített urán került ki a páncéltörő fegyverek alkalmazása által a területre.

A Magyar Honvédség tekintetében mind a nemzetközi, mind a hazai jogszabályi háttér szellemisége megmutatja, hogy a környezet védelme, a fenntarthatósági törekvések már a napi működés szerves részévé váltak, és a fenntarthatósági szabályok ugyanúgy vonatkoznak a Magyar Honvédségre, ahogy az élet egyéb területeire is. A környezettudatos gondolkodás és cselekvés, az erőforrások effektív használata, illetve a Magyar Honvédség szerepe a már bekövetkezett katasztrófák, környezeti ártalmak felszámolásában kiemelkedő. Az MH „megköveteli” tagjaitól, hogy a lehető legkisebb ökológiai lábnyomot hagyják hátra. Ehhez a továbbképzésekkel, a katonák környezettudatosságának alakításával is biztosítják a környezetvédelmi elvek fenntartását. Mind a Magyar Köztársaság területén található, mind az azon kívüli művelési területeken végrehajtott katonai tevékenységek során szem előtt kell tartani a természeti értékek megőrzését és védelmét, [68] mivel a béke fenntartása, vagy akár egy ország, egy nemzet védelme nem mehet a környezet kárára, már csak a jövő generációinak érdekében sem. A Honvédség tevékenysége során igyekszik fenntartható hulladékgazdálkodást megvalósítani, de a fenntarthatóság megjelenik az új haditechnikai eszközökkel kapcsolatban is, amelyeknek már a teljes életciklusuk (az igénytől a fejlesztésen át a szétszerelésig, megsemmisítésig) esetében figyelembe veszik a fenntarthatósági követelményeket, az általuk környezetre kifejtett negatív hatásokat, az azok felszámolására vagy csökkentéséhez szükséges költségeket. [69]

### **2.1.3. Kockázatos területhasználati módok**

A kockázatos területhasználati módok közé sorolandóak egyes **ipari tevékenységek**: bányászat, nehézipar, feldolgozóipar, élelmiszeripar stb.; a **mezőgazdaság** körébe tartozó tevékenységek, mint a talajművelés, öntözés, állattartás, műtrágyák és növényvédő szerek alkalmazása stb.; az **urbanizációhoz** köthető területhasználati módok, mint a felszín megváltoztatása, út- és közlekedési hálózat kiépítése, a hulladékok letétele, tárolása, eliminálása, stb.; de kockázatos területhasználatnak számítanak bizonyos **szabadidős tevékenységek**, **természetvédelmi területek** kialakítása is.

A **bányászat**, az egyes nyersanyagok kitermelése, a föld szerkezetének megbontása drasztikus hatással van vízbázisainkra. A felszín alatti vizek szintje változhat, hiszen a tárnák víztelenítése miatt csökkenhet a vízszint. Ugyanezt a hatást érhetik el indirekt

módon, amikor a vízzáró és/vagy víztartó rétegeket termelik ki. A víz szintje, nyomása csökkenhet, de az is előfordulhat, hogy a vízáramlás útja változik meg, hatást gyakorolva az adott vízbázis szintjére. A mennyiségi hatások mellett természetesen minőségiak is fellépnek. A kőzetek kitermeléséhez használt gépek, szerkezetek szennyezhetik a környezetet, de a kőzetek átmosódása, egyes anyagok kioldódása is hatással van a vízbázisokra, illetve a vízrétegek megbontása, a kitermelő kutak nem megfelelő kialakítása az egyes rétegek keveredéséhez vezethet.

Külön kiemelő még az egyes ipari víztározók és zagyatározók létesítése, illetve a meddőhányókból és bányákból származó hulladékok elhelyezése is. Még akkor is, ha az elhelyezett bányászati hulladék nem számít veszélyesnek, hatással van a felszínre érkező csapadékvíz lefolyására, módosítja vagy akár teljesen meg is akadályozza annak lefolyását, talajba jutását. Ugyanakkor meg azon vízmennyiség, amely mégiscsak beszivárog a talajba, különféle – akár veszélyes – anyagokat oldhat be oda.

A **mezőgazdasági tevékenységek** is sokrétűen hatnak vízbázisainkra. Mind az öntözéshez, az állatok itatásához szükséges víz kinyerése kutak létesítésével, mind maga az öntözés potenciális lehetőséget nyújtanak a vízbázisok elszennyezésére. Az öntözéssel bemosódhatnak egyes (veszélyes) anyagok a talajba, de a földfelszín átlúgozódásával, szikesedésével a talaj szűrő funkciója is sérül. Emellett a szerves hígtrágya kijuttatásakor, de a szennyvízszikkasztók medencéiből is szerves szennyezők, mikrobák és patogén anyagok kerülhetnek vizeinkbe, egyéb más toxikus anyaggal egyetemben. A műtrágyák használata is bizonyos toxikus mikroszennyezőket juttat vizeinkbe, de emellett nagymennyiségű nitrát, nitrogén és foszfor is bemosódik a vízbázisokba, amelyek jelenléte felgyorsítja az eutrofizáció folyamatát. Az öntözés és a trágyázás mellett a növényvédő szerek alkalmazása is gondot okoz, mert általuk perzisztens<sup>32</sup> és mérgező anyagok kerülnek a talajra, majd a vizekbe.

Az **ipari tevékenységek** önmagukban is kockázati tényezőt jelentenek, hiszen az egyes technológiákból származó közvetlen kibocsátás – a gyártott, tárolt és használt vegyi anyagokból, a fizikai hatások, az ipari hulladékokból ipari szennyvizek tisztításából és a keletkező iszapok tárolásából, lerakásából származók – már károsítják a környezetet, ugyanakkor a velük való tevékenység, a veszélyes anyagok szállítása is extra rizikófaktort jelent. Bár manapság az infrastruktúra fejlődésével némely iparág helytől és nyersanyagtól függetlenül települ le, elmondható, hogy az ipar telepítési tényezői

<sup>32</sup> Tartósan fennálló



közül még mindig jelentős szerepet játszanak az ásványkincsek, energiahordozók, éghajlati tényezők, a víz, etc., mint a természeti, földrajzi környezet elemei. Fenyegető tényezőt jelentenek az olyan „ipari” tevékenységek is, mint például a víz, de akár az egyes növények és állatok túlzott kitermelése, gyűjtése, halászata, vagy például a halászat számára a helyidegen fajok betelepítése is. A túlhasználat a biodiverzitás<sup>33</sup> csökkenéséhez vezet, az ipari tevékenység elpusztítja rengeteg élőlény élőhelyét. Sokszor azokét leginkább, amelyek a legnagyobb fajgazdasággal rendelkeznek. A folyók művi szabályozásán felül az energiatermelési cézzal kialakított vízlépcsők és azok műtárgyai is hozzájárulnak a károsító hatásokhoz. Bár napjainkra az erdők irtása már nagyrészt abbamaradt, a tarvágásos erdőművelés jelentős ökológiai problémák alapját képezi. Az ipari tevékenység egyik következménye például a fragmentáció<sup>34</sup> jelensége is, amikor az eredetileg nagy kiterjedésű élőhelyek feldarabolódnak. Ennek okai közé tartozik például a közlekedési útvonalak létesítése is.

A környezet védelme érdekében is legtöbb esetben igyekeznek jogszabályi úton beszabályozni az ipari tevékenységek megkezdését, illetve folytatását, az esetleges környezetszennyező tevékenységre vonatkozó megelőzési és kárelhárítási tervek megalkotását. Magyarországon az „57/2013. (II.27.) Korm. rendelet a telepengedély, illetve a telep létesítésének bejelentése alapján gyakorolható egyes termelő és egyes szolgáltató tevékenységekről, valamint a telepengedélyezés rendjéről és a bejelentés szabályairól” rendelkezik arról, hogy mely ipari tevékenységek folytathatóak telepengedély birtokában és melyek csak bejelentés alapján [70]. A bejelentést a jegyzőnél kell megtenni, aki interneten is közzétett nyilvántartást vezet a telepekről. További szabályozó „A szolgáltatási tevékenység megkezdésének és folytatásának általános szabályairól szóló 2009. évi LXXVI. törvény”, melyekre alapozva az önkormányzatok létrehozzák a saját önkormányzati rendeleteiket a helyi szokásokkal kapcsolatban [71].

A kommunális szilárd és folyékony **hulladékok**, amennyiben megfelelően megválasztott és előkészített helyszínre kerülnek lerakásra, izolálják és ellenőrzötten helyezik el azokat, kis kockázatot jelentenek. Nem egy, régebbi, korszerűtlen, vagy éppen telítettsége miatt már bezárt hulladéklerakó a mai napig lokális szinten kockázatot jelent. A belőlük származó terhelést nem lehet rekultivációval sem

<sup>33</sup> A biológiai sokféleség

<sup>34</sup> Széttördelés, széttöredezettség

felszámolni tökéletesen. A megbontott felületen keresztül a veszélyes anyagok könnyen beszivároghatnak a talajba, talajvízbe.

Gondot jelent az is, hogy sokszor a hulladékot, a veszélyes ipari melléktermékeket a drága elhelyezési és/vagy ártalmatlanítási költségek miatt illegális módon helyezik le, tüntetik el, például erdőszélekre kihajítva, vízelvezető árkokba helyezve, tavakba, folyókba kezeletlenül, direkt belevezetve. Ez a hulladék vegyes összetételű, sokszor csak szemét, de nem egyszer veszélyes hulladékot is tartalmaz. A talajba és ezáltal a felszín alatti vizekbe bemosódva is kárt okoz, de van, hogy egy folyó áradása magával viszi, ahol az árhullám levonulásával sokszor több száz kilométerrel a szennyezés helyszínétől szóródva teszi le. Hazánk e tekintetben is hátrányos helyzetben van, legfőképpen a Felső-Tisza területén található, zömében külföldi eredetű hulladék okán. 2017 tél végén például a Tiszán levonuló jeges árhullám a 14. ábrán bemutatott, hatalmas mennyiségű szemetet hozta magával.



14. ábra: A 2017-es jeges árral kb. 10 foci pályányi, Ukrajnából érkezett szemét vonult le a Tiszán. 2017. február 14-i felvétel Szegednél [72]

Az urbanizációnak számos olyan negatív következménye van, amely sokszor nem is vezethető vissza veszélyes anyagok használatára, viselkedési anomáliákra vagy katasztrófaeseményekre. Már a mindennapos életünk fenntartásához szükséges nagy mennyiségű **ivóvíz kivétele** is a kockázatos területhasználati módok közé tartozik,

amellyel megbolygatjuk felszín alatti vízbázisainkat. Ráadásul a keletkező kommunális szennyvizek gyűjtése, a nem megfelelő tisztítása is hatással van vizeinkre. A kisebb településeknél a szennyvízelvezetés sincs mindenhol megoldva. A csatornák hiánya miatt a szennyvíz szikkasztókba és derítőkbe kerül, ahonnan nem egyszer direkt módon a talajba és a talajvízbe szivároghat a nem megfelelő kialakítás, a haváriák vagy akár az elszikkasztás miatt. A szennyvizek jellemzően nagy mennyiségű szerves anyagot és nitrátot tartalmaznak, emellett magas a higiénias kockázatuk. A közüzemi szinten megtisztított szennyvizek is terhelik a talajt és a talajvizet. Tisztítás után ezeket visszavezetik a természetbe, felszíni vizekbe eresztik. Még manapság, a legmodernebb technológiát használó szennyvíztisztító üzemek után is benne maradnak a vízben olyan mikroszennyezők, mint gyógyszermaradékok, hormonok, stb.

A **közlekedés** az autótutakkal, az úthálózat létrehozásával önmagában is káros hatással van. A már említett fragmentáció tönkretelheti az élőhelyeket, a közlekedési eszközökből származó kibocsátott káros anyagok, hulladékok, mint a kipufogógázok, fáradt olajok, autógumi, akkumulátorok, stb., a hajtóanyagok, azok tárolása és raktározása, de az utak sózása téli időszakban együttesen rongálják környezetünket.

A felszín borítottsága: A város talajának nagy része szilárd burkolattal borított, ami megváltoztatja a vizek lefolyását és beszivárgását. A nem borított részeken intenzívebb beszivárgás valószínű. Az esővíz a csatornahálózaton keresztül a felszíni vizeket terheli, és nem jut el a felszín alatti vizekbe. A felszín borítottsága megváltoztatja az alatta lévő talaj víz- és levegő viszonyait, ezen keresztül módosíthatja a víz felszín alatti útját és minőségét.

Az egyes kockázatos területhasználati módok esetében, ahogy a kockázatos emberi tevékenységeknél sem, nem szabad figyelmen kívül hagyni a dominóeffektust sem. Sokszor nem önmagában a tevékenység, a felhasznált és/vagy elhelyezésre kerülő veszélyes anyag okozza a legnagyobb problémát, hanem egyes, esetleges haváriák által kiváltott hatásuk. Az intenzív veszélyes anyag használat során gyakoriak a balesetek, haváriák, melyek során gyakorta kerül a felszín alatti vizekbe szennyezőanyag (pl. földalatti tartályok, tankautók kilyukadása, veszélyes vegyi anyagokat szállító járművek balesetei, technológiai hibák és balesetek, helytelen tárolás és raktározás stb. következtében) a környezetbe.

#### **2.1.4. Szándékos károkozás, szabotázs**

A szándékos károkozások során valamely céllal szennyező és/vagy mérgező anyagokat juttatnak az ivóvízbe, tehát tulajdonképpen kockázati emberi tevékenységnek számít. Ugyanakkor, mivel a vízbázisok elszennyezése szélsőséges terrorista cselekmények alapjait is képezhetik, ráadásul a vízkivételi művek, a víztározók relatíve könnyen hozzáférhetőek, és bizonyos vízbázisok elszennyezése sem igényel különösen nagyobb szakértelmet, viszont az okozott kár volumene igen jelentős lehet, valamint a társadalomra gyakorolt hatása is számottevő, hiszen pánikkeltésre alkalmas, bizonytalanságot idézhet elő, külön említem. Hazánkban például a 2006-os vértessomlói eset volt a legutóbbi ilyen, amikor két fiatal pusztán a hecc kedvéért festéket, mérgező folyadékot öntött a helyi, 3 községet ellátó somlói víztározóba, több napra ihatatlanná téve annak vizét, valamint akkori árfolyamon 4,6 millió forintos kárt okozva a községnek. [73]

#### **2.1.5. Egyéb szennyezési módok**

Tulajdonképpen az ipari eredetű szennyezések közé tartoznak azon szennyezési módok, amelyek a már 20-30 éve bezárt ipari telepek örökségét képezik. Nem egy ilyen üzem felszámolásakor nem történt meg a terület szanálása, vagy csak részben végezték el azokat, és sem a bezáráskor, sem azóta nem került sor semmilyen környezettanulmányra, nem mérték fel az esetleges környezetkárosodást. 2013-ban egy ilyen esetre derült fény Abasár környezetében. Abasár esetében olyan szerves anyagok, oldószerek – szén-tetraklorid, triklóretilén és tetraklór-etilén (halogénezett szénhidrogének) – okoztak szennyezést, amelyeknek egy része manapság már nincs használatban. Az előbbi zsírok és olajok oldására használják, de korábban tűzoltásra és hűtőközegként is alkalmazták. A triklór-etilénnel nyersgumit, bitument és kátrányt oldottak, illetve a ruhaipar használta szárasztisztításra, míg a tetraklór-etilén fémalkatrészek zsírtalanítására való, és a csavarlazítókból is megtalálható. Ezen anyagok a határértéket hatszorosan meghaladó mennyiségben voltak jelen az ivóvízben. A vizsgálatok során kiderült, hogy az Abasárt ellátó kutak felett, a Pipishegyen korábban diódagyár működött, és abban a gyárban használták ezeket az anyagokat. A gyár még a '80-as években leállt. A mai napig nem ismeretes, hogy az oldószerek szándékos elhelyezés vagy hanyag tevékenység miatt kerültek a talajba, de az elmúlt közel 25 év alatt a talajba került mérgező anyag a gravitációnak, a vízáramok mozgásának köszönhetően egyszerűen „levándorolt” a völgybe a vízbázisokig és beszennyezte azokat.

## 2.2. Szennyezések csoportosítása

### 2.2.1. Szennyezés helye alapján

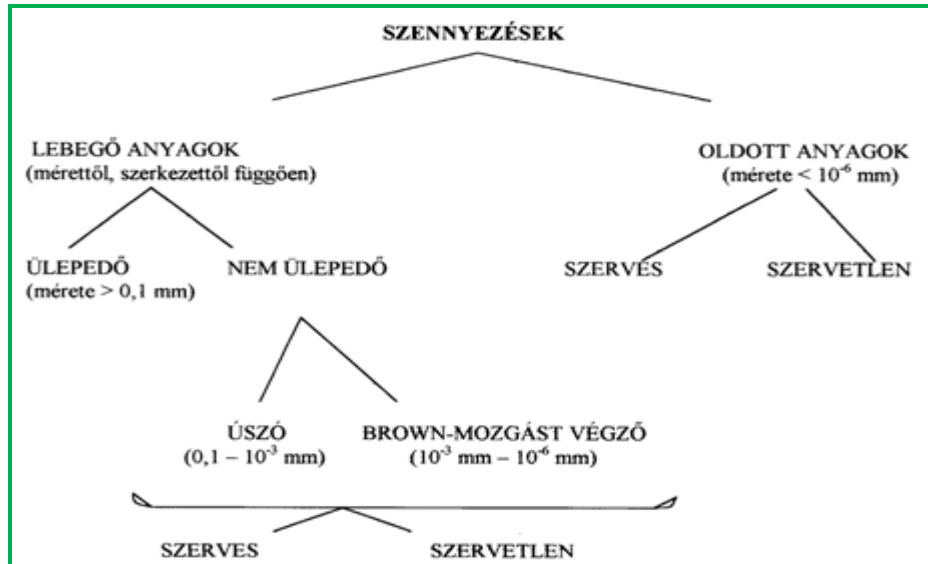
A szennyezések helye alapján megkülönböztetünk **pontszerű szennyezéseket**, amelyek során a szennyezés csövezetéken vagy nyílt csatornán keresztül kerül a szennyező forrásból a vizekbe. Ilyen jellegű szennyezés például egy üzemből származó szennyvíz, vagy olajvezeték meghibásodása miatti talajvízszennyezés. A másik forrástípus a **nem pontszerű (diffúz) szennyezések**, amelyek lényege, hogy a szennyező anyag nagyobb térbeli kiterjedésben kerül a vízbe. Ilyen jellegű szennyezést okoznak például egy zápor hatására bekövetkező felszíni lefolyással egy állóvízbe jutó, a talajból kimosódó növényi tápanyagok, vagy egy szabálytalan hulladék (szemét) lerakóból a csapadék hatására a talajvízbe mosódó toxikus anyagok. [2] **Foltszerű szennyezésekről** akkor beszélünk, ha több pontszerű szennyezés egymást átfedve képez nagyobb kiterjedésű, vagy jól körülhatárolható, egybefüggő szennyezést. [74] A **vonalszerű szennyezések** során egy folyóvízen történő szennyezés hatására károsodnak a vízbázisok a part mentén egy bizonyos hosszon. Ilyen történik például egy tartályhajó baleset során, amikor is a parti szűrésű vízbázisok több kilométeren keresztül elszennyeződnek a folyó mellett.

A korábbi tapasztalatok alapján eddig nagyrészt a pontszerű szennyeződésekre fordítottak figyelmet, azonban kiderült, hogy a területi szennyeződések jellege, összetétele és dinamikája mind időben, mind térben jóval nagyobb változékonyságot mutat. A tipikus pontszerű szennyeződések csak a szennyezések felét teszik ki. Ha például figyelembe vesszük a mezőgazdasági vízgyűjtő területeken fellépő szennyezéseket, akkor az ott a vizekbe történő beáramlás szoros összefüggésben van az időjárással, hiszen aszályos, csapadékszegény időjárás esetén a bemosódás jelentősen lecsökken, ugyanakkor a savas esők és az olvadó hó befolyásolja a víz kémhatását is. Az éppen aktuális növénytakaró is befolyásoló tényező, mert esetleg sikeresen vissza is tarthatja az egyes szennyeződések beáramlását.

### 2.2.2. Szennyezés kiterjedése, koncentrációja és halmazállapota alapján

A szennyeződés kiterjedésétől és továbbterjedésének mértékétől függően beszélhetünk lokális (helyi), vízgyűjtőre kiterjedő (fluviális), regionális és határon átívelő, és kontinentálisan fellépő szennyeződésekről. Koncentrációjuk szerint pedig mikro-, mezo- és makroszennyezőkre csoportosíthatjuk őket. A szennyezőanyagok fizikai állapotuk szerint lehetnek szilárd vagy folyékony halmazállapotúak a vizes fázisban

oldva vagy szuszpendálva<sup>35</sup>, esetleg a víz felületén különálló fázist alkotva, illetve gázhalmazállapotúak. Ezen szennyezők vízben való megjelenési formáit foglalja össze a 15. ábra.



15. ábra: A szennyezések vízben való megjelenése [7]

A lebegő szilárd szennyezőanyagok jellemzője a szemcseméret, amely a kavicstól egészen a porszemig terjedhet, ahogy azt a 6. táblázat is mutatja.

méret	név
>2000 mm	durva kavics
1000-2000 mm	finom kavics
500-1000 mm	durva homok
250-500 mm	közepes homok
100-250 mm	finom homok
50-100 mm	nagyon finom homok
10-50 mm	iszap
5-10 mm	finom iszap
1-5 mm	agyag
0,001-1 mm	finom agyag
< 0,001mm	kolloid

6. táblázat: Szennyezőanyagok szemcsemérete [75]

<sup>35</sup> A szennyező anyag nem oldódik fel a folyékony közegben, hanem eredeti formájában lebeg benne.

A szilárd szennyezőanyagok zavarossá teszik a vizet, megváltoztatják a színét, és így akadályozzák a napfény áthatolását. Káros hatásuk a kémiai összetételüktől függ. Az esztétikai károktól kezdve egészen a vízi élőlényeken való lerakódáson keresztül a fotoszintézis megzavarásáig összetett hatással rendelkeznek.

A részben oldódó gáz halmazállapotú szennyező anyagok buborékformában vannak jelen, illetve habot eredményeznek a vizekben. A hab a fény bejutását akadályozza, és csökkenti az oxigénfelvételt [75]. A gáz halmazállapotú anyagok bekerülhetnek a vizekbe természetes keveredés útján, a szélllel, mesterséges levegőztetéssel, vagy éppen diffúzióval, illetve fotoszintézissel. Vizeinkben megtalálható szennyező gázok a széndioxid, a kénhidrogén, az ammónia, és mikroszennyezőként még jellemző a metán.

- A  $\text{CO}_2$  nem csak fizikailag, hanem kémiailag is oldódik. A vizekben több, különféle állapotban is jelen lehet, szabad állapotban ( $\text{CO}_2$ ), félig kötötten ( $\text{HCO}_3^-$ ) és kötött állapotban ( $\text{CO}_3^{2-}$ ). Emellett lehet egyensúlyi  $\text{CO}_2$ , agresszív  $\text{CO}_2$ , amely lebontja  $\text{CaCO}_3$ -at (ez többnyire felszín alatt és forrásokban található). Természetesen szénsav ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ) is található vizeinkben, amely igen könnyen lebomlik vízre és szén- dioxidra.



- A  $\text{H}_2\text{S}$  általában szerves anyagok anaerob<sup>36</sup> bomlása által keletkezik, és az állatok számára már kis mennyiségben is mérgező.

- Az  $\text{NH}_3$  ammónia gáz és ammónium-ion ( $\text{NH}_4^+$ ) formájában van jelen a vizekben. Szintén anaerob bomlással jön létre, de a vizeinkbe többnyire a szennyvizekkel kerül bele.

- A  $\text{CH}_4$  telített szénhidrogén fajta, nem reakcióképes, nem oldódik a vizekben. Mikroszennyező csak, de ha jelen van, tűz- és robbanásveszélyes, öngyulladásra is képes.

### 2.2.3. Szennyezőanyagok származása alapján

A szennyezőanyagok származás alapján történő csoportosítása részben átfedést mutat a kockázatos emberi tevékenységeknél felsorolt tényezőkkel. Egy adott (vízgyűjtő) területen található vízbázis, és annak minősége minden olyan ipari és mezőgazdasági tevékenységet visszatükröz, ami az adott térségben történik, de ugyanígy mutatja az ott jellemző településszerkezetet is. [76] A természetes vizeinkre hatással lévő szennyező anyagokként az ipari, mezőgazdasági és háztartási forrásokból származó káros szennyezőket szokás megemlíteni. Már nem csak az ipari tevékenységek, de hétköznapi

<sup>36</sup> oxigén jelenléte nélkül

életvitelünk is olyan anyagokat juttat vizeinkbe, amelyek mind a hagyományos szennyvíztisztítási folyamatoknak, mind a célzott víztisztítási technológiáknak kihívást jelentenek. A szennyezéseket okozhatják természetes anyagok, amelyek önmagukban nem károsak, csak olyan abnormális koncentrációban, amely már a környezet számára elviselhetetlen, vagy okozhatják természetidegen anyagok, azaz xenobiotikumok is. Nem egyszer egy szennyeződés láncreakciót indít el, és további szennyezéseket von maga után, amelyek mind negatívan befolyásolják vízkészleteinket, azok minőségét. A víz körforgása miatt mind a levegő, mind a talaj károsítása és szennyezése is összefügg a vízminőség romlásával. A csapadékban kiülepedő szennyeződések a talajra, talajba kerülve nem csak azt, de a talajvizet és vele együtt a felszín alatti vizeket is elszennyezik.

**Ipari eredetű szennyezések** nem csak havária jelleggel kerülhetnek környezetünkbe. Mindennemű gyártott, tárolt és felhasznált vegyi anyag, illetve az azok által kiváltott fizikai/kémiai reakció hatással lehet környezetünkre. De az ipari feldolgozás során keletkező szennyvizek és a belőlük származó szennyvíziszap is terheli a talajt, a vízbázisokat, ahogy a keletkező – akár veszélyes – hulladékok is. A felszíni vagy felszín alatti nyersanyagvezetékek, de egyéb vegyi anyagok szállítása is veszélyt jelent.

Az ipari eredetű haváriák elvileg megelőzhetőek a tudatos, a szabályos keretek között való működés mellett, ennek ellenére egyre nagyobb mértékű civilizációs eredetű katasztrófaveszélyt jelentenek. Ha csak hazánkat vesszük, az elmúlt két évtizedben két olyan ipari baleset is előfordult, amely komoly vízszennyezéshez vezetett. A tiszai cianid-szennyezés, de a 2010-es vörösiszap-katasztrófa esetében is természetesen veszélyes anyagokkal történő ipari tevékenység volt a katasztrófa kiindulási alapja, de a katasztrófahelyzetet a kockázatot jelentő tevékenység hozta magával a dominó-effektus alapján. Ugyanez történt például Fukusima esetében is, ahol a reaktorban történt robbanás után még a tartószerkezet betöltötte volna a funkcióját, ugyanakkor a földrengést követő szökőár nyomásának már nem tudott ellenállni.

Említésre méltó vízszennyezés származik a **közlekedésből** is. A közlekedés kártételei közé nem csak a folyami és tengeri hajók katasztrófái tartoznak, hanem az üzemszerű hajózás, illetve az egyéb, nem vízi közlekedési módok is számottevő károkat okoznak. Lassan fél évszázada bizonyították, hogy a forgalmas közutak mellett egyes vegyi anyagok feldúsulása figyelhető meg. A szénhidrogén származékok és nehézfémek mellett esszenciális mikro- és makroelemeket is találtak, amelyek bár szükségesek az



élő szervezetek számára, de amennyiben túlzott koncentrációban vannak jelen, toxikus tüneteket produkálnak. [77]

A **mezőgazdasági tevékenység** egyre nagyobb vízszennyezést okoz, és nem csak a műtrágya- és növényvédőszer használata miatt. A műtrágyákban megtalálható nitrátoknak alig több, mint a fele hasznosul, és kb. 40 %-a, míg a foszfátoknak megközelítőleg a negyede a vizekbe kerül. [78] Az öntözéses műveléssel a felszín alá bemosódnak bizonyos anyagok, valamint a talaj átlagosodása, kilúgozódása, vagy akár szikesedése mind hozzájárulnak a talaj szűrő funkciójának elvesztéséhez. A mezőgazdaságban nem csak a növénytermesztés, de az állattenyésztés is szennyezőforrás az egyes állattartó telepeken keletkező (híg)trágya miatt. Ezekkel nem csak szerves, de patogén és fertőző anyagok is belekerülhetnek a talajvízbe. A mezőgazdasági géppark fenntartása és működtetése során pedig szénhidrogének kerülhetnek a talajra, és onnan vizeinkbe. Az egyes állatgyógyászati készítmények, de a rovarölő szerek is itt említendőek.

Külön említést érdemelnek a döggutak és dögtemetők. Ezekbe nagyobb testű, balesetben vagy betegségben elhullott állatokat dobtak bele. A döggutak fenntartása és működtetése szintén fertőzéseket terjesztett, mindenekelőtt bakteriológiai szennyezést vontak maguk után (Coli baktérium), de lebomló szerves vegyületek, mint zsírsavak (azok sói károsak), vagy egyéb vegyi szennyezők is megtalálhatóak voltak környezetükben. A kétezres évek elején több mint 700 döggút volt hazánkban, amelyből 600 aktívan üzemelt. Az Unió tagságunk következményeképpen azonban ezeket a 2005. év végéig fel kellett számolni, mert nem feleltek meg a hulladék ártalmatlanítás követelményeinek. Mivel azokat nagyrészt az önkormányzatok működtették, felszámolásuk környezettanulmány készítésével és mentesítéssel megtörtént, ugyanakkor sok évtizedes szennyező hatásuk a környezetre nem elhanyagolható.

A **lakosságra** visszavezethetően hazánkban évente kb. 4,3 millió tonna települési szilárd **hulladék** keletkezik. Egy fővárosi lakos egy évi mindennapi tevékenysége kb. 1 m<sup>3</sup> hulladékkal jár. [79] Hulladéknak nevezzük azokat az anyagokat és energiákat, amelyek használatuk vagy feldolgozásuk során veszítenek értékükből, és a termelési és fogyasztási láncból egy adott helyen kiválnak. Azonban el kell mondani, hogy ennek a hulladéknak – amelyet sokszor köznapin néven tévesen csak szemétnek titulálnak – a legnagyobb része a megfelelő kezelés mellett nem ártalmas sem az egészségre, sem a környezetre, így a vizekre sem. Elenyésző hányadban termelődik az a szemét, amely a megfelelő kezelés nélkül a környezetbe jutva kedvezőtlen hatással van.

Háztartásainkban mind több vegyszert használunk, mindennapi életünk egy sor különleges kezelést igénylő hulladékot termel.

Kommunális hulladékaink nagy problémája, hogy abba olyan anyagok is belekerülnek, amelyek nem odavalók, pedig rendelet rendelkezik arról, hova kell elhelyezni azokat. Ilyenek például a *szárazelemek és akkumulátorok*. Összetételüknél fogva különböző elemeket tartalmaznak, cinket, szenet, mangánt, kadmiumot, higanyt és nikkelt, illetve az újabb típusok lítiumot is. Veszélyességüket a külső burkolat sérülésekor a környezetbe kerülő nehézfémek okozzák. Az akkumulátorok ólomtartalmuk mellett a bennük található erős sav miatt is veszélyes hulladéknak számítanak. Ez a sav a környezetbe kerülve károsan hat a vizek pH-jára, de az egyes nehézfémek beoldódását is meggyorsítja. Az ólom pedig igen toxikus nehézfém.

Az egyik legnagyobb mennyiségben keletkező, különleges bánásmódot igénylő veszélyes hulladéknak a háztartásokban keletkező *zsírok és olajok* számítanak. Környezetbe kerülve elsősorban azért veszélyesek, mert az olaj szerkezete folytán elzárják az élő szervezeteket az oxigéntől. [79] Szerencsére egyre több helyen – akár benzinkutakon – is le lehet adni a használt olajat, amelyet tüzelő- vagy üzemanyagként újrahasznosítanak.

A háztartásokban, a ház körül használt *festékek, ragasztóanyagok, oldószerek* többszörösen is különleges kezelést igényelnek. Már ezek csomagolóanyagait sem lehet az általános, újrahasznosítható anyagokkal elhelyezni, különleges kezelést igényelnek. Ezen szerek szervesanyag, valamint fémtartalmuk miatt is károsak a környezetre. Az ilyen hulladékok acetont, acetátokat, benzinszármazékokat, stb. tartalmaznak. Mérgező mivoltuk mellett tűzveszélyesek is. Itt sorolandók fel az egyes, elvileg csak háztartási mennyiségben használt permetezőszerek, peszticidek is.

A mindennapos háztartási munkát is egyre több *elektromos berendezés* segíti, amelyek kiselejtezésekor azok fém-, festék-, vagy vegyszertartalma lehet veszélyes a környezetre. Szerencsére a nagyobb háztartási berendezéseket (hűtőszekrény, mosógép, mosogatógép) új vásárlásakor már visszaveszik, így a szelektálásuk által a környezetbe kerülő szénhidrogének és freonszármazékok mennyisége elenyésző.

Tisztítószereket és kozmetikumokat igen nagy választékban érhetünk el. Mivel megjelenési formái egyre sokrétűbbek, csak néhány példát sorolok fel. A *tisztítószerek* jellemzően ugyanazon kategóriába sorolhatók, mint a festékek is, mert nem csak tartalmuk, hanem csomagolóanyaguk is külön kezelést igényel. Tartalmuknál fogva mind a savakat, mind a lúgokat megtalálhatjuk köztük, de megjelennek az acetátok,

ketonok, stb. is. Nem ritkák az ismeretlen gázokat tartalmazó vegyszerek és gázpalackok sem. A tisztítószeres esetében a bennük található tenzidek okozhatják a legnagyobb gondot. A szennyvízkezelés során túl nagy mennyiségben jelenlévő tenzidek nem bomlanak el teljesen, és a folyamat végén bekerülnek az élővizekbe. Nem egy háziasszony azt gondolja, hogy ha több mosószert tesz a ruhákhoz, akkor azok tisztábbak lesznek, ezáltal azonban még jobban leterhelik környezetünket. A szintetikus mosószerek terén előrelépést jelent, hogy manapság kevésbé használnak már biológiailag nem, vagy nagyon nehezen bontható „kemény detergensok<sup>37</sup>”-et, helyettük biológiailag könnyebben bomló felületaktív anyagok vannak használatban. Ezek jellemzője, hogy komplexképzőként foszfátokat tartalmaznak (az újabb termékek esetében már tiltják ezek használatát, de még forgalomban van nem egy, foszfátot tartalmazó tisztítószer), valamint egy hosszabb szénláncú, vízben rosszul, zsírokban/olajokban jól oldódó apolárisabb hidrofób, valamint egy poláris, vízben jól oldódó hidrofil részből állnak. Gondot azzal is okoznak, hogy a természetbe kikerülésükkor a habzási képességük révén a felszíni vizeket habréteggel vonják be, ami megnehezíti az oxigénfelvételt, míg a foszfáttartalom hozzájárul a felszíni vizek eutrofizációjához. Káros hatásuk abban is megnyilvánul, hogy az egyébként kicsapódó vagy kiülepedő hidrofób jellegű vegyületeket, olajokat, peszticideket, poliaromásokat oldott állapotban tartják, így azok továbbra is a vizekben maradnak, tisztítási folyamat esetében pedig átjutnak a szűrőfelületeken.

Emellett háztartási hulladékként megjelennek a lejárt szavatosságú gyógyszerek, egyéb egészségügyi hulladékok, a *fénycsővek* és egyéb üveghulladékok.

A háztartásokban keletkező egyes hulladékok veszélyes mivolta mellett megemlítenő a nem veszélyes hulladékok szennyező ereje is. Az ezekből származó szennyező anyagok könnyen a gyűjtőcsatornába, illetve az élővizekbe kerülnek, és bár önmagukban nem jelentenek veszélyt a környezetre, bizonyos koncentráció felett már negatívan befolyásolják a vizek minőségét, hatnak öntisztulási képességre, de felelhetnek egyes kórokozók és fertőzések elterjedéséért is. A kommunális szennyvíz természetesen tartalmaz fekáliát is, azonban komolyabb problémát jelentenek a vizelettel távozó gyógyszermaradványok, a fogamzásgátló tablettákból származó hormonok, stb.

<sup>37</sup> szintetikus tisztítószer

#### 2.2.4. Kémiai szerkezet alapján

A szennyezőanyagok kémiai szerkezetüket tekintve igen sokfélék lehetnek. A **szerves szennyező anyagok** összetételüket tekintve lehetnek nitrátok, foszfátok és egyéb szerves anyagok, amelyek, ha természetes koncentrációban vannak jelen, nem csak hogy ártalmatlanok, de kifejezetten szükségesek. Viszont abnormális koncentrációban már károsak. Jó vízdékonyságuk miatt nagyon könnyen bekerülnek a talajból a felszín alatti vizekbe. Nem csak a túlzott mennyiségű vagy helytelenül használt trágyázás eredményeképpen kerülhetnek a vízbázisokba, de szennyvizekből és a hígtrágyából, valamint az élelmiszeriparból is kijuthatnak a környezetbe.

A természetes vizek jellemzője az öntisztulás képessége, amely azonban véges folyamat. Általában aerob folyamat, nagy oxigénfelvétellel jár. Ehhez a vízben oldott oxigénre van szükség (ld. BOI, KOI, TOC mutatók). Amikor azonban már nem áll rendelkezésre az élővizekben kellő mennyiségű oxigén, megindul az eutrofizáció folyamata. Ez játszódik le a szerves szennyező anyagoknál, ahol a vegyületek széntartalma lép reakcióba az oldott oxigénnel, de a nitrátok esetében is erről beszélhetünk. A 7. táblázat az egyes vizekben előforduló értékeket mutatja be nem specifikus szerves anyagokra nézve, tartalmazva az ezekre előírt követelményértékeket is.

Vízípus	BOI	KOICr	KOIMn	TOC
Ivóvíz határérték	–	3-10	4,5	1-3
Felszíni víz				
Duna	3-10	15-30	5-20	3-15
Balaton	1-5	5-15	3-10	2-10
Zagyva	2-20	15-70	5-25	5-35
Vízípus	BOI	KOICr	KOIMn	TOC
Kommunális szennyvíz				
nyers	150-300	300-600	70-200	100-200
ülepített	100-200	150-300	50-150	50-150

tisztított	15-25	60-100	20-40	20-40
Ipari szennyvíz				
cukorgyári	1000-3000	4000-6000	1000-3000	800-3000
papírgyári	250-500	1500-3000	200-600	400-1500
tejüzemi	1000-2000	2000-4000	1000-2000	–
Szennyvíz határérték	–	75 (50-100)	–	–

7. táblázat: Néhány víztípus szervesanyag-értéke (mg/l) [80]

Az elemi nitrogén egy stabil vegyület, a kémiai reakcióknak viszonylag jól ellenáll, nem ez jellemzi az egyéb nitrogénformákat. Minden életjelenségben megtalálhatóak és rendelkeznek szerves és szervetlen kötéssel is. Számos oxidációs fokozata jelenik meg. Amennyiben ammónia kerül vizes rendszerbe, a megfelelő oxigénmennyiség mellett elindul az oxidáció, és nitritek, nitrátok jönnek létre. Ezeket a folyamatokat a természetes vizekben megtalálható Nitrosomonas és Nitrobakter baktériumok végzik. Az előbbi a nitrit „előállításához” járul hozzá:

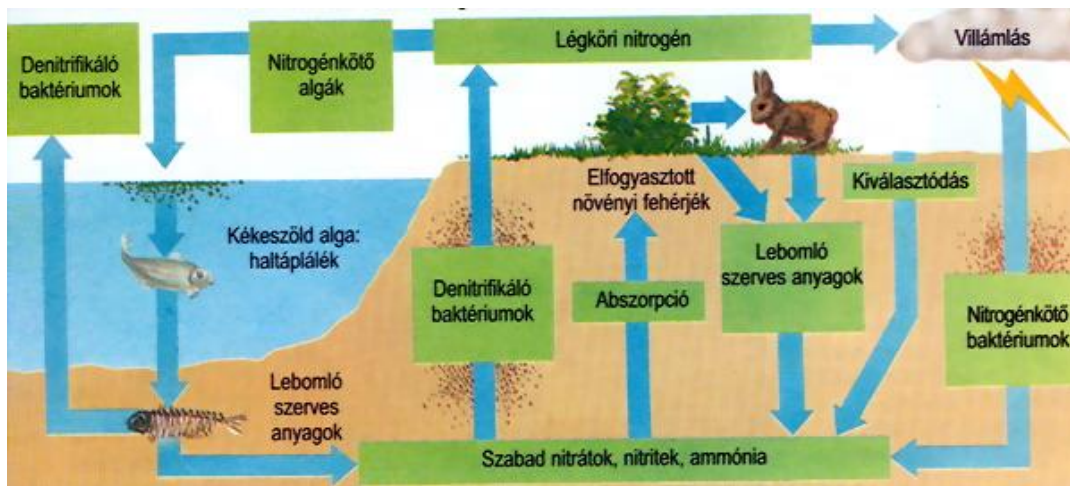


míg az utóbbi a nitriteket alakítja át nitráttá [81]:



Mindkét egyenlet azonban megmutatja, hogy a nitrifikáció folyamatánál jelentős oxigénmennyiségre van szükség. [80]

A 16. ábrán is bemutatott természetes nitrogénciklust minden emberi beavatkozás, amely bármely nitrogénforma kibocsátásával jár, megzavarja. A kommunális szennyvizek relatíve magas ammónia- és szerves nitrogén tartalommal rendelkeznek. Mivel a természetes vizek azonnal megkezdik az öntisztító folyamatukat, az ilyen szennyvizek bevezetésekor az oldott oxigén azonnali csökkenése következik be. A felszíni vizekben megjelenő növényzet az eutrofizálódás látható jele.



16. ábra: Nitrogénciklus a természetben. [82]

Egy adott vízbázis nitrát-koncentrációja a hagyományos víztisztítási technológiák során csak minimálisan változik, ezért annak a csapvízben mérhető koncentrációja hasonló a vízbáziséhoz, a nitrition mennyisége viszont a klór oxidációja miatt már alacsonyabb a csapvízben, mint az eredeti vízbázisban. Ezen ionok ismerete különösen fontos az ivóvíz-ellátásban. A szervezetbe bekerülő nitritek karcinogén és toxikus hatással bírnak. Egy megfelelően kezelt ivóvízben előforduló nitrition-koncentrációknál – 0,005 mg/l – ez nem következik be. A probléma azonban ott van, hogy a szervezetben nitrát-nitrit átalakulás is végbemehet, legfőképpen a szervezet azon területein, ahol magasabb a pH-érték.

A szennyezők másik csoportját az illó- és nem illó, alifás és aromás szénhidrogének, valamint illó és nem illó halogénezett szerves vegyületek alkotják. Ezek legjellemzőbb képviselői a kerozin, a benzin, az egyes gázolajtípusok, benzolok. Statisztikai adatok kimutatták, hogy Magyarországon a talaj- és vízszennyezések több mint 50 %-a valamely kőolajterméktől származik. Mivel ezen szerves szennyezőket mind az ipar, mind a mezőgazdaság, de még a lakosság is használja, szinte mindenhol fenyegetik vizeinket. A szennyezés és a vízminőség-romlás elég összetett. Alacsony koncentrációban is szag- és ízváltozást okoznak, magasabb koncentrációban pedig már mérgező hatásúak. A vízben oldhatóságuk különböző. Ahogy a háztartási szennyezőanyagoknál jellemeztem, a mosószerek jelenléte megnöveli az oldhatóságukat. Önmagukban is, de származékaik tekintetében különösen rákkeltőek, és könnyen felhalmozódnak a táplálékláncban. A környezeti elemekre gyakorolt hatásuk sokoldalú, részben a már említett oldékonyságtól is függ. Mivel kikerülve gyorsan szétterülnek, vékony, filmszerű réteget alkot a vízfelszínen, megakadályozva ezáltal az

oxigén bejutását. A környezetbe kikerülő szénhidrogének illó csoportjai elpárologhatnak. Az atmoszférába kikerülve aztán kicsapódhatnak, és a meteorológiai viszonyoktól függően az eredeti kiömlés helyétől jóval távolabb is gondot okozhatnak. Az olajok egyes csoportjai képesek a vízzel emulzióképzésre. Ennek mértéke nem mindegy, hiszen ameddig az olaj nem oldódik bele nagyrészt a vízbe, lefölközhet, azonban vizes fázisba kerülve így már nem távolítható el. Ahogy az oldékonyságot, az emulzióképződést is elősegítik a felületaktív anyagok, de a fizikai folyamatok, mint a rázkódás (felszíni vizek esetében pl. hullámozás is). Az olajok képesek bizonyos lebegő molekulákon kiülepedni is. Az üledekeken végbemenő kémiai folyamatok nagyban függenek az adott anyag tulajdonságaitól. Bizonyos olajszármazékok oxidációs folyamatok során különböző ketonokká, aldehidekké és szerves savakká alakulhatnak, amelyek már vízben kifejezetten jól oldódnak. A kőolajszármazékok egyes komponensei biológiailag lebomlanak. Ezek a bomlási folyamatok különböző módon játszódhatnak le. A szénhidrogének egy része toxikus, más részüket viszont a vízi közösségek eltűrik, sőt, le is bontják. A N-P körforgalom esetében is jelenlévő baktériumfajok részt vesznek ezen folyamatokban, sőt, vizsgálatok bemutatták, hogy műtrágyák jelenlétében különösen jól bomlanak a szénhidrogének. Ez a jelenség előnyösen is felhasználható, hiszen olajszennyezett talajok esetében műtrágya adagolásával bioremediációs<sup>38</sup> eljárással lebonthatóak egyes szennyezések.

Az egyes kőolajszármazékok talajra kerülésekor a talaj porozitásától is függ annak terjedése. A porózus, jó átteresztő képességű talaj esetében inkább a függőleges, a kevésbé átteresztő talajon a vízszintes mozgás a jellemző, de ezt befolyásolják még egyéb tényezők is, mint a talaj nedvességtartalma, a beszivárgott olajmennyiség, stb. Amennyiben a talaj a beszivárgott mennyiséget nem képes visszatartani, és az eléri a talajvíz szintjét, azon szétterülve együtt áramlik a talajvízzel, amiben részben oldódik, részben pedig egyre nagyobb felületen elterülve terjed szét, és a bekerülés helyszínétől messze is juthat. Mivel a talajban nincs a fentebb bemutatott biológiai bomlási folyamathoz szükséges kellő mennyiségű oxigén, a talajvízben/talajvízen úszó olajlencse esetleges lebontása rendkívül lassú.

A szerves kémiai elemek csoportját fémek és nem fémek adják. A szerves fémek, nem fémek a biológiai folyamatok során megkötődnek a képződő biomasszában és

<sup>38</sup>A bioremediáció a szennyezett talaj, talajvíz, felszíni víz, vagy felszíni víziüledék környezeti kockázatának csökkentése biológiai módszerekkel.

feldúsulnak a bioakkumuláció<sup>39</sup> miatt, így a tápláléklánc végén található élőlények (pl. az ember) szervezetében már komoly dózisu fémterhelés mutatható ki. Ráadásul nem egy olyan szerves anyag, ami természetes vizeinkben jelen van, és elektrondonor tulajdonságokkal rendelkezik, fontos szerepet tölthet be a tekintetben, hogy szerves fém komplexeket hoznak létre, mert oldatban tartják a fémeket, amely ahhoz vezet, hogy jóval magasabb fémkoncentrációt mérhetünk, mint amilyent a szervetlen fém oldhatósága miatt mértünk volna. A fémek koncentrációja ráadásul nagyságrendnyi eltérést is mutathat egymáshoz képest. Az úgynevezett esszenciális fémek (Zn, Cr, Co, Mn, Mo, Sn, Cu és a Fe) például alapvetően szükségesek az egészséges életműködéshez. Ezzel szemben a szervezet számára idegen fémek, mint pl. az arzén, kadmium, ezüst, higany és ólom a határkoncentráció felett kifejezetten toxikusak. A környezetre toxikus kémiai elemek között fémek mellett találhatunk félfémeket és nemfémeket is. A toxikus fémek környezetre gyakorolt hatása elsődlegesen szerkezetfüggő. Nem mindegy, hogy a vizekben mely fémek találhatóak egymás mellett. Egyes fémek hatásai pl. egyszerűen összeadódnak, míg mások gyengítik egymást. A legtöbb nehézfém mérgező hatása a vízkeménység növekedésével megnövekszik, ahogy növeli a toxikus hatást a vízben oldott oxigén csökkenése is. Amennyiben a szerkezet megváltozik, változik a környezetre, környezeti elemekre gyakorolt hatása is. A toxicitás kérdése komplex, azt az oldhatóság, az ionerősség, a pH és a redox<sup>40</sup> viszonyok határozzák meg. Ezeknek az eltolódása vagy megváltozása azonban generálhatja a még toxikusabb formák (pl. As (III) és As (V) megjelenését. Az egyik legfontosabb jellemző az oldhatóság e tekintetben, hiszen egy oldhatatlan fém inaktív, tehát nincs hatása a víz minőségére. Mivel azonban a természetes vizekben és körülmények között az élő vizekben egyéb más fémek, így ionok is találhatóak, ezek befolyásolják az oldódást, a komplexképzést. Az oldhatóság mellett a komplexképzés kérdése szintén nagyban függ a jelenlévő szerves anyagoktól, hiszen csak komplex formában tud beépülni a szervezetbe egy toxikus fém. Így képes például a szervezetbe bejutni az egyébként környezeti szempontból inaktív higany is. A higanyt egyes mikroorganizmusok „metilezik”<sup>41</sup>, amely ezáltal biológiailag hozzáférhetővé válik.

<sup>39</sup> A bioakkumuláció az élőlények azon tulajdonsága, hogy egyes elemek, illetve vegyületek környezetből történő felvétele eredményeképpen saját szervezetükben nagyobb koncentrációt hoznak létre, mint amekkora a forrásul szolgáló környezeti elemekben volt, tehát ezeket koncentrálik, feldúsítják sejtjeikben, szöveteikben.

<sup>40</sup> Elektronátmenettel járó, redukciós-oxidációs folyamat

<sup>41</sup> A legkisebb és legegyszerűbb szerves molekulárszlet, a metilcsoport (CH<sub>3</sub>) beépülése

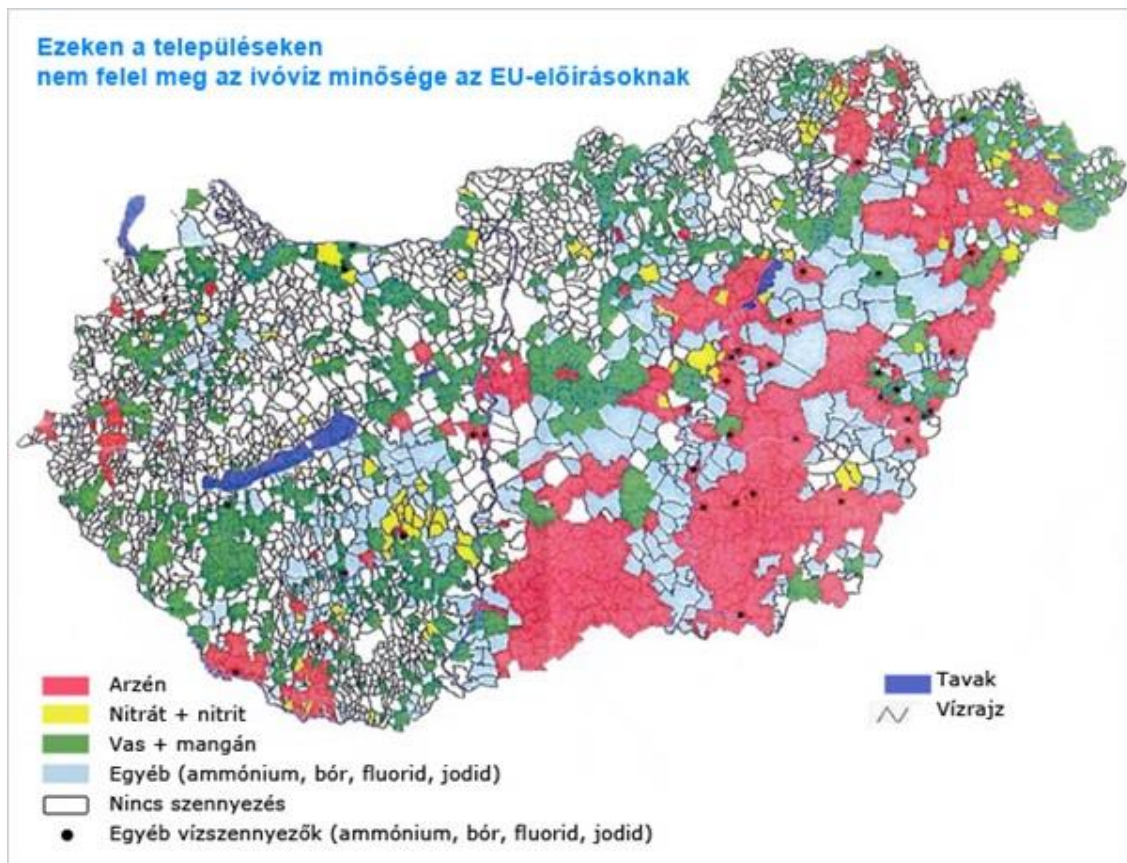


Innentől kezdve az élő szervezetekbe bekerülnek, veszélyeztetik ökoszisztémát, de hatással vannak a víz pH-jára is. [83]

Hazánkban a felszín alatti vízbázisok természetes módon is tartalmaznak jó néhányat a fentebb említett szennyezőanyagok közül, azokat ráadásul az EU által előírt határértékek felett, és ezek komoly problémát okoznak vízminőség kérdésében (ld. 17. ábra és 8. táblázat), elég nagyszámú lakosságot érintve. Uniós tagságunk következtében hazánkban is megtörtént a vízbázisok felmérése, és meg kellett oldani ezen szennyezőanyagok határérték alá vitelét az ivóvíz tekintetében. Jóllehet 2009-ig kapott hazánk is határidőt is ennek megvalósítására, az arzén tekintetében plusz három év haladékot kért Magyarország.

Szennyezők	EU határértékeknek megfelelően	
	Érintett települések száma	Érintett lakosság száma
Arzén (As1: 10 < 30 µg/L)	381	1.262.215
Arzén (As2: 30 < 50 µg/L)	64	147.451
Arzén (As3: >50 µg/L)	7	10.103
Bór (B > 1000 µg/L)	42	73.157
Fluorid (F1: 1,51-1,7 mg/L)	9	24.148
Fluorid (F2: > 1,7 mg/L)	2	1.528
Jodid (I: >500 µg/L)	29	143.577
Vas (Fe)	728	2.596.135
Szerves anyag (COD <sub>ps</sub> )	77	247.423
Mangán (Mn)	709	2.200.223
Ammónium (NH <sub>4</sub> )	653	2.455.854
Nitrit (NO <sub>2</sub> )	76	121.893
Nitrát (NO <sub>3</sub> )	20	57.923
<b>Összesen:</b>	<b>1472</b>	<b>4.641.357</b>

8.táblázat: Vizeinket szennyező anyagok, melyek veszélyességi határértékszint alá való csökkentését az EU-ba lépésünk nyomán meg kell oldani [20]



17. ábra: A 2006-os határidő lejárta után is határérték feletti szennyezőket tartalmazó ivóvizek Magyarországon. [84]

Mivel a különösen magas arzénszennyezettség forrásoldali probléma, természetes okokra vezethető vissza és nem valamely havária jellegű szennyezés eredménye, a beavatkozások ellenére nem egy településen továbbra is határérték felett található a vezetékes vízben az arzéntartalom. Ezek a települések különleges feladatot jelent a víz tisztítása. A 2009-es határidő lejárta után a 3 éves haladék 2012. december 25-ével véget ért, és ekkor még 123 településen mindig nem sikerült megoldani a lakosság egészséges ivóvízzel történő ellátását. Ezért 2013. január 1-jétől a Magyar Honvédség szállított azokra a településekre vizet, ahol az arzén határértéke meghaladta az Európai Unió által előírt literenkénti 10 milligrammos értéket. Különböző technikai eszközökkel így 340.000 embernek biztosították napi két liternyi tiszta, egészséges ivóvizet addig, ameddig az ivóvízminőség-javító program keretében megvalósult beruházások felgyorsításával az érintett településeken a végleges megoldást jelentő konténeres szűrőberendezések telepítése be nem fejeződött. [85]

A MAVIZ tájékoztatása szerint 2017 júliusának végére már csak 29 olyan település volt hazánkban, ahol az ivóvíz magas arzéntartalma miatt nem javasolt a helyi víz fogyasztása. [86]

### **2.2.5. Az élő szervezetekre gyakorolt hatás: toxikus, mutagén, teratogén, karcinogén**

Egy szennyező anyag által kifejtett mérgező hatást, az okozott károsodást általában az határozza meg, hogy az egyes mérgező anyagok (a nem szervidegen anyagok túlzott mennyiségben vagy a xenobiotikumok) a célszervben milyen koncentrációt érnek el és mennyi ideig tartózkodnak ott. Az általuk kifejtett hatás expozíció és a mérgezés tüneteinek megjelenése között eltelt időtartam alapján lehet akut<sup>42</sup>, szubakut<sup>43</sup> és krónikus<sup>44</sup>.

A **toxikus** hatásoknak több fajtáját ismerjük [20 pp.21-22]:

- Egyes lipidoldékony anyagok neurotoxikus hatást váltanak ki, és a központi és a perifériás idegrendszer működésére hatnak. Jellemzően fáradtságot, memóriazavart, álmatlanságot, mozgászavart, valamint személyiségváltozásokat okoznak. Ilyen lipidoldékony anyagok bizonyos hormonkészítmények (pajzsmirigyhormon, D-vitamin, nemi hormonok). Ezekkel azért van probléma, mert az általános víztisztítási módszerek a szennyvízből nem tudják eltávolítani a hormonokat.
- Mivel a máj az anyagcsere legfontosabb szerve, a legtöbb xenobiotikum kiválasztásánál szerepet játszik, és így azok hepatotoxikus hatást fejtenek ki. Sok olyan iparág van, amelynek melléktermékei a nem megfelelő szennyvízszikkasztás vagy a haváriák következtében, de akár a direkt eltüntetés nyomán is vízbázisainkba kerülhetnek, valamint ide tartoznak azon gyógyszermaradványok is, amelyek szintén nem tűnnek el vizeinkből az általános szennyvíztisztítás által. A 9. táblázat az egyes ilyen hepatotoxikus anyagokat mutatja be, azok eredete szerint.

<sup>42</sup> Heveny, hirtelen fellépő hatás, vagy rövid lefolyású hatás. Pl.:bőrirritáció, szemkárosító hatások

<sup>43</sup> Félheveny

<sup>44</sup> Egy élettartamon keresztül vagy az élettartamhoz képest hosszú időszakon át elhúzódó vagy ismétlődő hatás, például mutagén, karcinogén, teratogén hatások

Vegyianyag	Károsodás típusa	Szer / tevékenység
Arzén	cirrhosis, angiosarcoma	pesticidek
Berillium	granulomatózus betegség	kerámiagyártás
Szén-tetraklorid	akut májbetegségek, cirrhosis	száraztisztítás
Dimetil-formamid	akut májkárosodás	oldószerek
Dioxin	Porphyriás anyagcsere betegségek	pesticidek
Halotán	akut májkárosodás	aneszteziológia
2-Nitropropán	akut májkárosodás	festégyártás-, felhasználás
Foszfór	akut májkárosodás	hadianyaggyártás
Triklór-etilén	akut májkárosodás	tisztító- és oldószerek

9. táblázat: Foglalkozási eredetű, hepatotoxikus hatású anyagok. Forrás: [87] saját készítésű kivonat

- A kiválasztódás a vesében folytatódik, nefrotoxikus hatás is fellép, ami a vese súlyos károsodásához vezet. Vesekárosodást okozhatnak az olyan nehézfémek, mint a higany, ólom, arany, réz, króm, a szerves oldószerek (metil-alkohol, fagyálló), a növényvédő és gyomirtó szerek, amelyeket a mezőgazdaság egyre nagyobb mennyiségben használ. [88]
- A csontvelőt károsító anyagok mielotoxikus hatást váltanak ki a szervezetben.
- Számos környezetszennyező anyag az immunrendszer működését befolyásolja károsan, azaz immuntoxikus hatású. Az allergiától a leukémiáig egész sor immunbetegséget okozhatnak. Oldószerek és pesticidek maradványai, valamint szintetikus ösztrogénhormonok okozhatnak ilyen hatást. Vizsgálatok azt is kimutatták, hogy elsődlegesen a nőkre jellemző az immuntoxikus eredetű megbetegedés [89].
- A reprodukciós toxikus hatású anyagok károsan befolyásolják a férfi, illetve a női ivarszervek működését.

A **teratogén** hatású anyagok képesek átjutni a placentán is, ezért aztán a fogamzástól károsíthatják a magzatot, mind fizikai, mind szellemi fogyatékoságot okozhatva. Illó és nem illó alifás és aromás szénhidrogének, mint kerozin, benzin, gázolaj, benzol, policiklikus aromás szénhidrogének (PAH) mind teratogén hatással bírnak. De

ugyanilyenek bizonyos hétköznapi kozmetikumokban is megtalálható festékanyagok és tartósítószer, és egyes hormonális gyógyszerek is.

A genotoxikus avagy **mutagén** hatással bíró szerek a DNS által tárolt genetikai információt változtatják meg. Egyes baktériumok és gombatoxinok, valamint aromás aminok, klóraminok, nitrózaminok, PAH-ok, PCB-k, aromás és klórozott szénhidrogének okoznak mutagén elváltozásokat.

**Karcinogén** hatásra rosszindulatú daganatos betegségek alakulnak ki. A karcinogén hatás különleges veszélyességét az is okozza, hogy sokszor akár 15-30 év lappangási idő is eltelhet a behatás és a tényleges megbetegedés között. A karcinogén hatású anyagok szájon és bőrön át, vagy belégzéssel kerülhetnek a szervezetbe. Ilyenek a dioxinok, az arzén és a szervetlen arzénvegyületek, a benzolszármazékok, bőripari oldószerek, különféle munkahelyi expozícióból származó kormok.

#### **2.2.6. Radioaktív anyagok**

A radioaktív anyagok a természetben is megtalálhatóak, anélkül, hogy arra, vagy akár az ott élő szervezetekre káros hatással lennének. A felszíni vizekre is jellemző természetes radioaktivitás a víz körforgásának köszönhető, hiszen a hidroszféra állandó kölcsönhatásban van az atmoszférával és a litoszférával, és kozmikus sugárzás hatására képződő radionuklidok bejutnak a felszíni vizekbe. A felszíni vizek sajátosságai miatt jellemzően az állóvizekben magasabb a radioaktivitás, mint a folyókban. [90] A felszín alatti vízbázisokba egyrészt a víz körforgásának köszönhetően bekerül a légköri sugárzás, illetve hatással vannak radioaktivitásukra a kőzetekben található radioaktív elemek. Egyes izotópok vegyületeket alkotva feloldódnak, mások pedig gázhalmazállapotban kerülnek bele a vizekbe. Azonban mind a felszín feletti, mind a felszín alatti vizek esetében elmondható, hogy természetes módon radioaktívak.

Problémát mindig a sokszor a hétköznapi emberek számára nem is ismert kísérletek, vagy az atomenergia használata folyamán bekövetkező balesetek okozzák, amelyek során a radioaktív anyagok izotópjai kikerülnek a környezetbe. Az ilyen balesetek során a légkörbe került szennyező anyagok az eredeti eseménytől több ezer kilométernyi távolságban is komoly szennyezéseket okoznak. Pl. az 1986-os csernobili katasztrófa után az északi sarkkör jegében is kimutattak radioaktív izotópokat. Külön problémát jelent az, hogy a szennyező radioizotópok, miután a talajban és a vizekben kiülepedtek, az eredeti kihullási képhez képest átrendeződnek, és a vízfolyások mentén akumulálódnak. Ez történt hazánkban Csernobil után is. 2005-ig Budapesten és

környezetében több vízgyűjtő területen is felmérést is végeztek a Cs-137-es izotópjával kapcsolatban, amelyek erre a megállapításra jutottak. [78] [90]

Elsődlegesen az alábbi radioaktív szennyezések megjelenése jellemző vízbázisainkban. Nem kerülnek bemutatásra az olyan elemek, mint például a tórium, amely bár a föld kérgében viszonylag nagy mennyiségben fordul elő (tonnánként 7-13 g), ezáltal kétszer-háromszor gyakrabban előforduló elem, mint az urán, ugyanakkor a természetben csak a négy vegyértékű, nehezen oldódó vegyületek formájában található meg, és így nem is oldódik bele a vizeinkbe. [91]:

- Az egyik legkevésbé veszélyes radionuklidnak a trícium ( $^3\text{H}$ ) számít. Vízmolekulákban természetes körülmények között is megtalálható a légkörben, és nem egy radioaktív elem hasadási sorának eredménye. A víz körforgása által belekerül a vízbázisokba is. Ugyanakkor az '50-es-'60-as évek nukleáris tesztrobbantásait követően is került ki a környezetbe. Felezési ideje 12,3 év, így be tud épülni az élő szervezetekbe. Bár a trícium növeli a rák kockázatát, gyorsan kiürül a szervezetből, ezért kevésbé veszélyesnek tekinthető.
- A másik, nem radioaktív elemek bomlástermékeként megjelenő radionuklid a kálium 40-es izotópjá, amelynek felezési ideje 1,28 milliárd év. A  $^{40}\text{K}$  hozzájárul a tengervíz természetes radioaktivitásához. A kálium a szervezet nélkülözhetetlen eleme, és táplálékkal kerül be az emberi szervezetbe. Különösen az izmok és a vörös csontvelő gazdag káliumban. Mivel egy felnőtt szervezete kb. 130 grammnyi káliummal rendelkezik, a konstansan ott megtalálható  $^{40}\text{K}$  mintegy 4.000 Bq-lel rendelkezik, amelyet a szervezet állandó szinten tart az anyagcsere folyamatokkal. Azonban ha mennyisége jelentősen megnő, az ionizáló sugárzás roncsolja a sejteket, és az rák kialakulásához vezet.
- A rádium (Ra) az alkáli földfémek közé tartozik, és a kalciumhoz, vagy a báriumhoz hasonlóan viselkedik – beépül a csontokba, ha táplálékkal bejut a szervezetbe. 28 természetben előforduló izotópjá van, amelyek közül a  $^{226}\text{Ra}$  (urán-rádium sorozat eleme) a legfontosabb. Szemben a  $^{228}\text{Ra}$  és a  $^{224}\text{Ra}$  (tórium sor) viszonylag rövid felezési idejével, a 226-os izotóp 1600 éves felezési idővel rendelkezik, ráadásul vízben oxidáló körülmények között jól oldódik, így felszívódik élelmiszerekbe is, és bekerülhet a szervezetbe, ahol az emésztőrendszeren keresztül fejt ki sugárhatását.
- A természetben szintén megtalálható stronciumnak 16 izotópjá ismert, ezekből négy stabil, tizenkettő pedig radioaktív izotóp. A  $^{90}\text{Sr}$  izotóp a legfontosabb. Az

urán maghasadásakor és atomrobbanáskor keletkezik, felezési ideje 29,1 év, és hasonlóan a kalciumhoz, beépül a csontokba, ahol leukémiát, rákot okozhat.

- A radon (Rn) egy radioaktív nemesgáz, amely ezáltal kémiai majdnem inaktívnak számít. Normál körülmények között szag- és színmentes. A radon izotópjai természetes bomlásnak köszönhetően jelennek meg, azonban a talajvíz esetében a Radon-222 izotópjának van jelentősége, amelynek 3,8 nap a felezési ideje. Jól oldódik vízben, ezért aztán az könnyen szállítja is. Általában a vízbázisokat körülvevő kőzetből kerül be. Amilyen jól oldódik, olyan könnyen alakul vissza gáz halmazállapotúvá, ezért a felszín feletti vizek ritkán tartalmazzák (0 mBq/l max. 50 mBq/l mennyiségig), ezzel szemben olyan felszín alatti vízbázisok, amelyek körül radongázt tartalmazó talaj található, akár 1.000 Bq/l értéket is elérhetnek. Ezt a sugárzást a radonfürdőkben ki is használják terápiás célokra, hiszen az igen rövid felezési idő miatt gyorsan kiürül a szervezetből, viszont gyulladáscsökkentő és fájdalomcsillapító, valamint vérnyomáscsökkentő hatása van. Hazánkban a miskolctapolcai Tavasbarlang, vagy a Hévízi-tó vize is tartalmaz radont. Hosszabb behatáskor – pl. bányákban dolgozók esetében – a légutakba kerülve az elbomlás során ionizálja a tüdő és a garat szöveteit, és hosszú távon komoly egészségügyi problémát okoz.
- Az ólom (Pb) és a polónium (Po) 210-es izotópjai a Radon 222-es bomlástermékei. Az ólom felezési ideje 22 év, a polóniumé 138 nap, és a bizmut 210-es izotópjával az urán-radon bomlási lánc utolsó radionuklid tagjai. A  $^{210}\text{Pb}$   $\beta$ -sugárzó, a polónium ezzel szemben  $\alpha$ -sugárzású, amely a stabilnak számító 206-os ólomizotóp irányába halad. Mindkét izotóp túlzott mennyiségű bevitel esetén szövetroncsoló hatással bír.

A sugárvédelem egyik legfontosabb feladata a megelőzés. Ezáltal elkerülhető, hogy nagyobb mennyiségű radionuklid kerüljön a szervezetünkbe és ott felhalmozódjon. A megelőzés részeként fontos az ivóvíz és a táplálék-előállítás céljára hasznított vízbázisok célzott vizsgálata. Hazánkban a 201/2001. (X.25.) Kormányrendelet az EU 98/83/EK irányelvvel és a WHO ajánlásaival összhangban 0,1 mSv mennyiségnyi éves dózisterhelést engedélyez az ivóvizekben.

### **2.3. Részkövetkeztetések**

Bár a vízbázisainkra negatívan ható körülmények és a különféle szennyező hatások ismeretesek a szakemberek előtt, ezeknek nem egy olyan típusa van, amelynek bekövetkezését, vagy annak mértékét előre nem lehet kiszámítani. A csökkenő vízhozamok miatt is nő vízbázisaink nem éghajlati eredetű vízminőségi kockázata. Amellett, hogy csökken a természetes vizek öntisztulási képessége, még kedvezőtlen ökológiai hatások is érik azokat. Rámutattam, hogy a Földön a vízkörforgalom révén a felszíni természeti folyamatok szoros kapcsolatban vannak a felszín alatti vízkészletekkel, a felszínről érkező szennyezésekkel szemben sokkal nagyobb védettségre van szükség, még akkor is, ha ezen folyamatok egy része, azok kiterjedése előre nem kiszámítható.

Részletesen bemutattam, hogy hazánk területén fekvésünk miatt a környezet- és klímaváltozás hatására fellépő szélsőséges időjárási jelenségek még intenzívebben jelentkezhetnek, illetve hogy ezek a közeljövőben még inkább eltolódhatnak a szélsőségek irányába, amelyre hidrogeológusainknak fel kell készülniük a fenntarthatóan kitermelhető vízmennyiségek érdekében és védelmében. Magyarország vízföldtani adottságai jónak mondhatóak, ugyanakkor speciális földtani, hidrogeológiai, meteorológiai és geotermikus viszonyokkal állunk szemben. Mivel a hazánk területén viszonylag rövid időn belül mindegyik, a felszín alatti vizekre is hatással levő természeti jelenség, mint árvíz, belvíz vagy akár aszály is előfordulhat, a hidrogeológusoknak a védelemmel foglalkozó szervekkel karöltve kell felkészülniük a vizek kártétele elleni védelemre.

Felhívtam továbbá a figyelmet arra, hogy az újfajta kihívások megkövetelik az ökológiai szemléletmód erősítését is, mind hazai, mind nemzetközi téren Duna-régió stratégiájában. Az időjárási szélsőségek erőteljesebben hatnak a természetes vízkörforgalomra, nem csak az utánpótlódást általában, hanem a vizek mennyiségi és minőségi viszonyait is befolyásolva, különösen a hazánkhoz hasonló medence jellegű térségekben. Ahhoz, hogy továbbra is biztonságos ivóvízminőséget tudjunk prezentálni, a szakembereknek tisztában kell lenni azzal, hogy milyen változások érhetik az ivóvízbázisokat akár már a közeljövőben is. Azon jelenségek részletes bemutatásával, amelyek hatással vannak a hasznosítható vízkészleteinkre, arra jutottam, hogy ezek figyelembe vételével kell kidolgozni olyan indikátor és monitoring rendszereket, amelyekkel nyomon követhetők az éghajlatváltozás eddigi, a vízjárásra és vízgazdálkodásra gyakorolt hatásai, és amelyek alapján modellezhetőek lennének az



elkövetkező időszakok lehetséges forgatókönyvei, az egyes szélsőségek hatásai. Szem előtt kell tartani, hogy bármennyire is jó adottságokkal rendelkezünk, a vizeink nem kimeríthetetlenek, és a jövőre nézve sokkal pontosabb és megbízhatóbb méretezés szükséges a ténylegesen és fenntarthatóan hasznosítható vízkészletekről, annak érdekében, hogy távlati vízbázisaink, nem csak mennyiségi, de minőségi szinten is nagyobb védeltséget élvezzenek.

### **3. A VÍZMINŐSÍTÉST ÉS VIZEINK VÉDELME T SZOLGÁLÓ JOGSZABÁLYOK KRITIKAI ELEMZÉSE**

Hazánkban, ahogy az Európai Unióban és a világ fejlett országaiban is, első szinten jogszabályi előírásokkal igyekeznek védeni a felszíni és felszín alatti vízbázisokat, biztosítani a vizek, és azon belül is az ivóvizek minőségét. A jogszabályi előírások kiterjednek a védelem mellett a már ivóvíz célra kijelölt vizek laborvizsgálataira is, a káros, szennyező anyagokra, valamint azok határértékeire, amelyekkel még egészséges vízminőséget lehet biztosítani. Ahhoz, hogy a jogszabályok elérjék a céljukat, azokat a lehető legegzaktabban kell megalkotni, mind fogalmi szinten, mind a számszerűsített értékekkel egyetemben. Ezen a téren azonban a hazai szabályozók komoly hiányosságokkal rendelkeznek.

#### **3.1. Vízminőség, az ivóvíz minősítés jogszabályi háttere**

A vízről mindenkinek az jut az eszébe, hogy az élet alapja. Ehhez kötődik természetesen az elsődleges felhasználási módja, az **ivóvíz** előállítás is. A lakossági célú vízhasználati komoly változáson ment át az elmúlt negyed évszázadban. Szennyvíztisztító művek tájékoztatása szerint [92] is jelentősen lecsökkent a háztartási szennyvíz mennyisége (az ebből eredő problémákat a szennyvíztisztítás folyamatánál részletezem), de az általam végzett kérdőíves kutatás is hasonló eredményeket mutatott. A lakosság vízhasználati hajlandóságával és szokásaival kapcsolatban összeállított kérdőív eredményével kapcsolatosan elmondható, hogy az semmiképpen nem tekinthető reprezentatívnak, nem csak a beérkezett válaszok mennyiségének szempontjából, hanem azért sem, mert a válaszadók több mint 90 %-a rendelkezik valamilyen típusú felsőfokú végzettséggel, van(nak) gyereke(i), illetve lakhelyüket tekintve valamely nagyvárosban, vagy annak agglomerációjában élnek. Véleményem szerint ezen szempontok komoly szerepet játszanak a környezetvédelem és a fenntarthatóság kérdésének hétköznapi megítélésében, hiszen például a gyereket nevelők nagy része gondol a jövő generációkra is, vagy a gyermek születésével változott meg az attitűdje, nyitottabbak ezen témák iránt és könnyebben hozzá is jutnak a szükséges információkhoz. Ráadásul gyakran felismerik annak lehetőségét is, hogy nagy értékű beruházások nélkül is, a mindennapi szokásokban és habitusban rejlő részletekkel mennyi mindent meg lehet változtatni (pl. a zuhanyzás max. egy zeneszám idejéig tart – férfi, Bp., 40-50 év, egyetem, 1 gyermek). Felismerik, hogy egy-egy, akár nagyobb értékű berendezésbe fektetett pénzösszeg is rentábilisnak bizonyulhat rövid távon is, hiszen pl. egy jó

energiaosztályú (A+ vagy több) mosó- vagy mosogatógéppel energiát, vizet és IDŐ-t spórolnak, ahogy a vízszűrő berendezések is hamar visszahozzák az árukat. Illetve mert amúgy is építkeztek, megoldották, hogy kertes házukban az összegyűjtött esővízzel öblíthető legyen a WC. Kiderült, hogy egyes sportágak / hobbik is képesek befolyásolni a környezettudatosságot. A gyerekkortól rendszeresen evezősportot űző személy (nő, Bp., 40-50 év, egyetem, 3 gyermek) vadvízi tapasztalatai változtatták meg a vízhez való hozzáállását, illetve más esetben természetes közegben táborozó, sportoló fiatalok tanári /edzői tiltás miatt már kora gyerekkortól tekintettel voltak a mosó- és tisztálkodó-szerek használatára, a keletkező szennyvíz megfelelő eliminálására/.

A **mezőgazdasági** vízhasználat is fontos terület. Ebbe a kategóriába azonban nem csak a termőterületek öntözése tartozik bele, hanem az állattenyésztés során az állatok itatására elhasznált vízmennyiség, de nem elhanyagolható mennyiségű vizet használnak el a mezőgazdasági berendezések, az állattartásra használt eszközök, ketrecek, épületek, stb. tisztántartására sem, ahogy például víz kell a különböző növényvédő szerek hígításához is. A mezőgazdaság esetében külön megemlítendő a haltenyésztés, ami jelentős vízigénnyel bír. Hogy az egyes területeken fellépő vízigényt milyen típusú vízből fedik le, azt annak minősége dönti el. Természetes, hogy az ivóvíz célú felhasználás számára van a legjobb minőségű vízre szükség. A növénytermesztésnél és állattenyésztésnél sem elhanyagolható a vízminőség, hiszen a megtermelt szervezetek tárolják és felhalmozzák az esetlegesen bevitt szennyeződések, és az élelmiszeren keresztül az emberbe juttatják azokat.

Az **ipar** területén a gyártási folyamatok elképzelhetetlenek víz nélkül, annak minden halmazállapotát felhasználják különféle funkciókban, hajtó-, hűtő- és/vagy mosó-, valamint oldóközegként, alap- és segédanyagként. [7]. Az egyes iparágak a vizet valamely fizikai vagy kémiai jellemzője alapján hasznosítják a termelés során. Az ipari víz elnevezés nem minőséget jelöl, hanem a víz használatának célját határozza meg. [93] Sok esetben egyes ipartechnológiai eljárások még az ivóvizeknél is jobb minőségű és tisztaságú vizet igényelnek. A hazai ipari felhasználás során a vízbeszerzés felszíni 10-15 %, felszín alatti 80-85 % és visszanyert, avagy újrahasznált vizekből (5-7 %) történik [7] [94]. A 10. táblázat az egyes vízkivételi módok eloszlását mutatja be a legnagyobb felszíni vizeink tekintetében. Az ott található adatok alapján következtethetünk a felszín alatti vízbázisok által használt vízmennyiség nagyságrendi adataira.

Vízhasználat (millió m <sup>3</sup> )	Magyarország	Duna	Tisza	Dráva	Balaton
Közüzemi vízkivétel	675,6	413,1	211,8	24,4	26,3
Ipari vízkivétel	4 335,2	3 715,8	613,2	3,0	3,2
Mezőgazdasági célú vízkivétel	334,5	133,5	160,3	19,2	21,5
Egyéb (építőipar, szolgáltatások)	59,6	23,5	29,5	4,3	2,2
Összes vízkivétel	5 405,0	4 286,0	1 014,7	51,0	53,3
In situ vízhasználat	15 139,1	1 299,0	13 840,1	0,0	0,0
Mindösszesen	20 544,1	5 584,9	14 854,9	51,0	53,3

10. táblázat: A vízkivételi módok megoszlása legnagyobb felszíni vizeink esetében [94]

A gyártási folyamatai elképzelhetetlenek víz nélkül, szinte valamennyi tevékenységhez víz szükséges; felhasználják gőz formában, szállításra, mosásra, oldószerként, hűtőközegként, alap- és segédanyagként. Az ipar vízigénye jelentős, iparáganként igen eltérő a szükséglet mind minőségben, mind mennyiségben. Az ipar egységnyi termékmennyiségre vonatkozó vízhasználat (fajlagos vízhasználat) átlagosan 100-200 m<sup>3</sup> közötti, de ettől jelentős eltérések is tapasztalhatók. Néhány példát mutat erre a 11. táblázat.

Termék	Egység	Vízigény
energia	1 kWh	0,13-0,25 m <sup>3</sup>
gyapjúszövet	1 km	100-150 m <sup>3</sup>
cukor	1 tonna	50-150 m <sup>3</sup>
alumínium	1 tonna	80-120 m <sup>3</sup>
papír	1 tonna	500-3000 m <sup>3</sup>
élelmiszer (konzervált)	1 tonna	40-60 m <sup>3</sup>

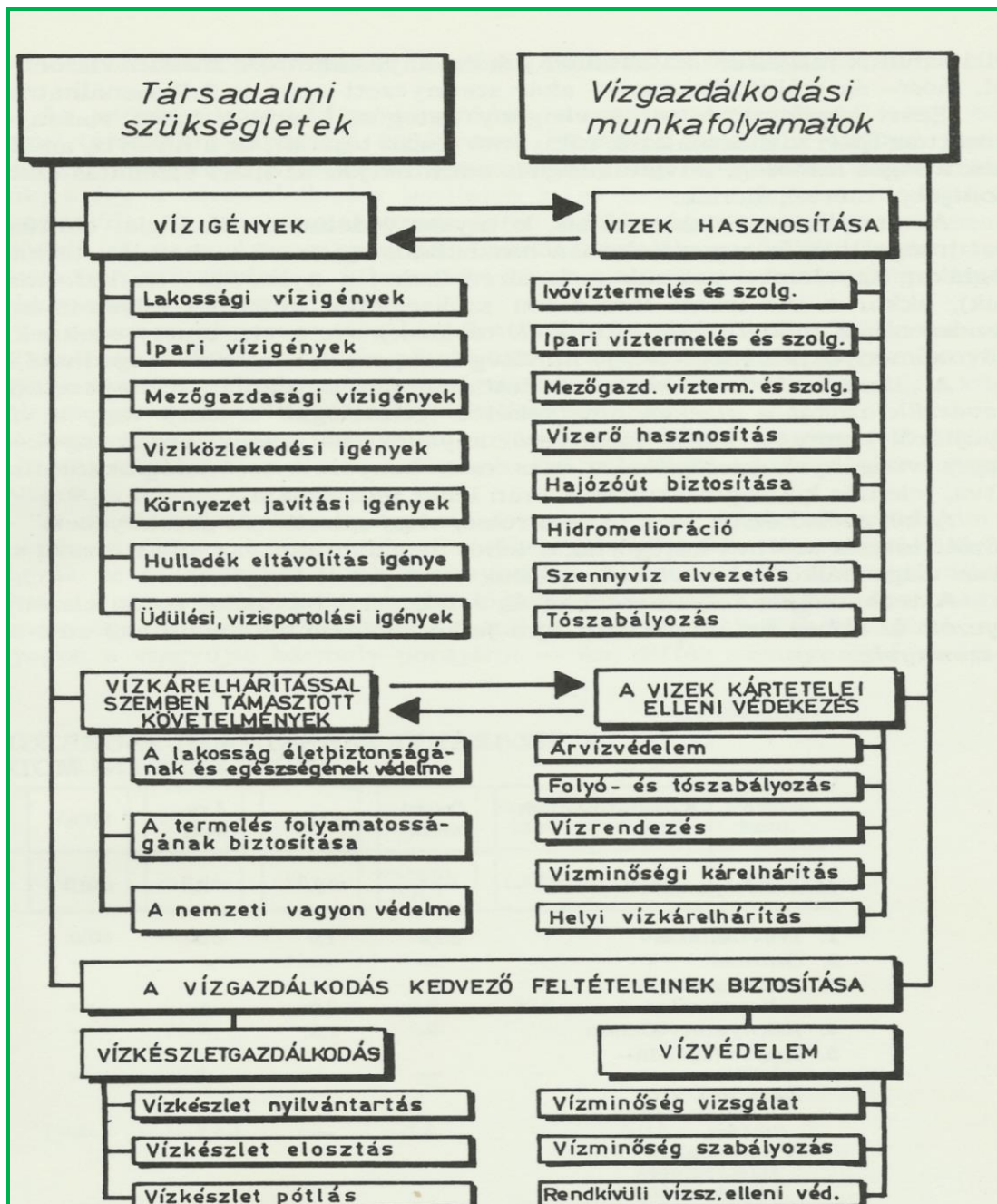
11. táblázat: Egyes termékek előállításához szükséges fajlagos vízigény. Forrás: [7]

Az ipari tevékenységekből eredő vízszennyezésre a 4. fejezetben térek ki.

Emellett hasznosítják a vizet vízenergia termelésére, hajózási, szállítási célokra, a vizes élőhelyek vízpótlására, turisztikai, gyógykezelési és rekreációs célokra.

### 3.1.1. A vizek osztályozását célzó jogszabályok

A vízminőség fogalma tehát a fentiekből levezetve elsődlegesen a követelményeknek való megfelelést jelenti, azaz, hogy a víz fizikai, kémiai, biológiai tulajdonságait meghatározva milyen mértékben felel meg azoknak a funkcióknak, mennyire alkalmas arra a célra, amelyre használni akarjuk. Ehhez kell minősítenünk az adott víztestet.



18. ábra: A vízgazdálkodás iránti társadalmi szükségletek és azok összefüggései

A minősítéshez támpontot ad a két szélső érték meghatározása, azaz, ha megadjuk a „jó” és „rossz” vízminőséget. A vízminőséget akkor tekinthetjük jónak, ha a tulajdonságok összességében az általában hasznos tulajdonságok aránya olyan nagy, hogy lehetővé teszi, az általában káros tulajdonságok aránya pedig olyan kicsi, hogy nem akadályozza a vizsgált térségben általános és lényeges, más szóval a mértékadó társadalmi szükségletek kielégítését, amelyeket a fenti 18. ábra foglal össze. [78]

Hogy a víz megfeleljen a humán-egészségügyi szempontoknak, a minősítés során a vizeket a vízhasználatoknak megfelelően megállapított határértékek közé be kell sorolni. A vizeket mintavétel után, helyszínen, illetve laboratóriumban megvizsgálják, a fizikai, kémiai, biológiai és bakteriológiai vizsgálatok után a mért adatokat rendszerezve kiértékelik, és ezek alapján állapítják meg azok minőségi állapotát. Természetesen figyelembe kell venni azt is, hogy a felszíni vizek esetében bizonyos minősítő komponensek időszakosan, illetve évszakosan folyamatosan változnak. A minősítés alapján a gyakorlati felhasználás szerint a vizeket az alábbi csoportokra minősítik: ivóvíz, iparvíz-ellátásra alkalmas, öntözésre alkalmas és egyéb célokra alkalmas vizek. Hazánkban a felszíni vizek minősége, minőségi jellemzők és minősítés a VKI előírásai szerint megalkotott 31/2004. (XII.30.) KvVM rendelet a felszíni vizek megfigyelésének és állapotértékelésének egyes szabályairól [95] szerint történik. Ez váltotta az MSZ 12749 számú szabványt, amely 1994. január 1-jétől volt hatályos, és egészen 2014-ig élt<sup>45</sup>. (Mivel kutatásaim kezdetén, illetve az Unióba való belépésünkkel, a jogszabály-harmonizációkor és vizeink minőségi osztályokba való sorolásakor ez a szabvány még érvényes volt, hivatkozom rá, hatályon kívül kerülése után is.) Ez a szabvány tartalmazta a minőség meghatározását, a mintavételi helyeket, valamint a mintavétel gyakoriságát az országos törzshálózat<sup>46</sup> keretében. A víztest alaktani, valamint biológiai, kémiai jellemzői megmutatják annak állapotát, ami alapján el tudjuk dönteni, milyen vízfelhasználási igényeket lehet az adott víztípussal kielégíteni. Nincs egyértelműen „rossz” víz. Előfordulhat, hogy csak egy paraméter nem felel meg a

<sup>45</sup>A szabvány a 10/2010. (VIII. 18.) VM rendelet értelmében részben módosult, de ezek a módosítások a határértékeket érintik, a vizsgált komponenseket, illetve az osztályozást nem érintik.

<sup>46</sup> A Környezetvédelmi, Természetvédelmi és Vízügyi Felügyelőségek a felszíni vizek minőségének megfigyelésére létrehozták az e célra felkészített észlelőhálózatot és laboratóriumokat. Az észlelésekre országos törzshálózati, regionális és helyi jelentőségű mérőpontokon kerül sor, különböző rendszerességgel. Az országos törzshálózati szelvényekben jellemzően heti és kétheti gyakorisággal, más szelvényekben ettől ritkábban. Emellett automata mérőállomások is biztosítanak vizsgálati eredményeket. A mérési eredmények validálás után bekerülnek az OKIR adatbázisba, ahonnan interneten keresztül is elérhetővé és lekérdezhetővé válnak. A felszíni vízminőségi adatok 1990-ig visszamenőleg érhetőek el a rendszerben. [97]

határértékeknek, ahhoz, hogy például ivóvíz legyen, de minden más érték szerint kiváló az adott víztest, akkor meg kell találni a megfelelő felhasználási módot. Például túl magas nitrát-tartalmú vizet nem feltétlenül vetnek alá a drága, hatékony víztisztítási eljárásnak, viszont mezőgazdasági öntözésre felhasználható. Mivel az egyes felhasználási módok kihatással vannak a környezetre, és ezáltal direkt vagy indirekt módon hatnak a talajra és a felszín alatti vízbázisokra, így a felszíni vizek minőségi kérdéseit is tárgyalom.

A vizekben az alábbi komponenseket vizsgálják a vízminősítési eljárás során [96]:

- Oxigénháztartás vizsgálata során mérik az oldott oxigén mennyiségét, oxigén telítettséget, a kémiai oxigénigényt ( $KOI_k$  és  $KOI_{ps}$ ), a biológiai (biokémiai) oxigénigényt ( $BOI_5$ ), az összes szerves szén mennyiségét (TOC), valamint az oldott szerves szén mennyiségét (DOC).
- Nitrogén és foszforháztartás esetében az összes nitrogént, ammónium-iont, nitrit- és nitrát-iont, összes foszfort és oldott orto-foszfát-iont és az a-klorofillt.
- Mikrobiológiai jellemzők: A minősítés szempontjából alapvető információt nyújtanak mindazon mikrobák, amelyek a természetes vizekben eredetileg, vagy esetleg alkalomszerűen megjelennek. Ezeket a veszélyes mikrobákat, illetve a fekális szennyezőanyagokat észlelés után faj-specifikusan is bevizsgálják. Nevesítve: coliformszám 1 ml-ben, fekális (termotoleráns) coliformszám 1 ml-ben, fekális streptococcus 1 ml-ben, salmonella 1 ml-ben, összes telepszám 37 °C-on, összes telepszám 20 °C-on.
- Mikroszennyezők, amelyek onnan kapták nevüket, hogy már nyomnyi mennyiségben is komoly veszélyt jelentenek az élőlényekre. Többnyire mutagén és karcinogén hatásokat eredményeznek [98].  
Ezek lehetnek szervetlenek:  $Al^{3+}$ , As(III), As(V),  $CN^-$ ,  $Zn^{2+}$ ,  $Hg^{2+}$ ,  $Cd^{2+}$ ,  $Cr^{3+}$ ,  $Cr(VI)$ ,  $Ni^{2+}$ ,  $Pb^{2+}$ ,  $Cu^{2+}$ ;  
valamint szervesek: fenolok és homológjai, detergensok, kőolaj származékok, policiklikus aromás szénhidrogének (PAH), illékony klórozott szénhidrogének, triazin származékok, peszticidek.
- Toxicitás (mérgezőképesség) és radioaktív anyagok mérése. A mérgezőképességet okozhatják a vízbe került, de az ott megtermelt anyagok is.

Ezek kifejezése az  $LD_i^{47}$  mérőszám használatával történik. Használják még az  $LC_i^{48}$  mutatószámot is. Ezek során az alábbiakra koncentrálnak: csíranövény teszt, Daphnia teszt<sup>49</sup>, halteszt<sup>50</sup>.

- Radioaktív szennyezők: Összes béta aktivitás (térfogati szennyezettség), amely egy gyűjtőparaméter. Ha ennek az értéke egy bizonyos határértéket meghalad, akkor kell specifikus keresést végrehajtani. Emellett vizsgálják a  $^3\text{H}$ -t, azaz a tríciumot, amely vizes atomreaktoroknál képződik, és ha jelen van a vízben, szivárgásra utal, de atomerőművi havariákra vezethető vissza a  $^{90}\text{Sr}$  és a  $^{137}\text{Cs}$  jelenléte.

Egyéb jellemzők:

- Anionok: klorid, szulfát, karbonát, fluorid és cianid, továbbá a hidrogén-karbonát, amely Magyarország vizeiben természetes módon is jelen van, jelzi a víz savsemlegesítő képességét.
- Kationok, mint például a kalcium és magnézium, amelyek elsősorban a víz keménységét határozzák meg, és mennyiségük mindenekelőtt geológiai jellemzők által meghatározottak. Ismeretük fontos, mert ebből lehet a vízkőképződési hajlamot is megismerni. A vas- és mangánionok nem okoznak egészségügyi változást, ugyanakkor befolyásolják a víz ízét. Ezek kivonása az ivóvízből jelentős többletköltséget okoz. A kálium és nátrium jelenléte emberi tevékenységre utal, többek közt mosószerek, vagy éppen a műtrágyák jelenlétét mutatják.
- A pH, mint dimenzió nélküli szám, mutatja meg a víz kémhatását.
- Vezetőképesség.
- Összes lebegőanyag-tartalom és zavarosság.

A bevizsgált kritériumok alapján az alábbi vízminőségi osztályok vannak [96], amelyek közül Magyarország felszíni vizei esetében az oxigénháztartás szerinti kategorizálást a 19. ábra is bemutatja<sup>51</sup>.

<sup>47</sup>  $LD_x$ : letalis dózis, halálos adag: az a mérgező anyag mennyiség, amely a hatásának kitett állomány x %-át elpusztítja. Mértékegysége: mg/testsúlykilogramm. [98] p.63.

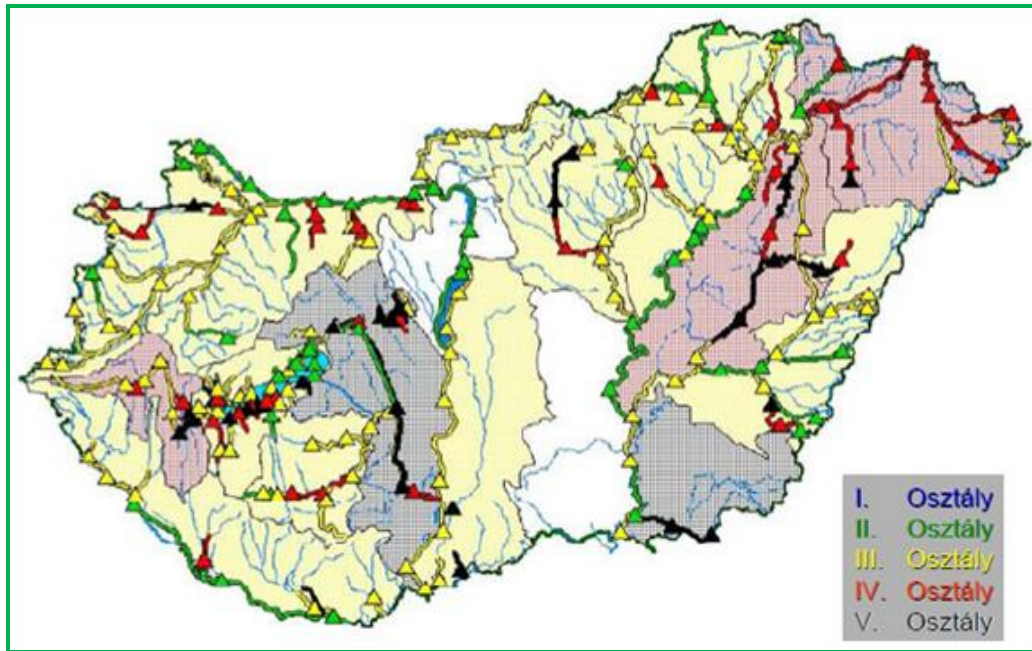
<sup>48</sup>  $LC_x$ : letalis concentratio, az a mérgek koncentráció, amely meghatározott idő alatt a kísérleti egyedek x %-át elpusztítja. Mértékegysége: mg/(m<sup>3</sup>\*perc). [98] p.64.

<sup>49</sup> Daphnia = vízibolha teszt. A rendkívül érzéken vízibolhák bizonyos típusaival vizsgálják a víz tisztaságát. A teszt előnye, hogy nem időigényes és nem költséges, környezeti és egészségkockázata kicsi. Hátránya, hogy egyes esetekben túlzott érzékenységet mutat.

<sup>50</sup> Halteszt: amelynek során laboratóriumi körülmények között tenyésztett, előnevelt, szivárványos guppikon (*Lebistes reticula*) tesztelik, hogy tartalmaz-e az adott közeg veszélyes anyagot, bármely mérgező hatású szert. A halak pusztulását százalékban adják meg. [31]

<sup>51</sup> Léteznek ugyanilyen ábrák a többi vizsgált paraméter szerint (tápanyagok, bakteriológia, mikroszennyezők)





19. ábra: Magyarország felszíni vizeinek minősége az oxigéntartalom tekintetében [94]

Érdeemes összevetni a 39. oldalon található 8. ábrával, amely hazánk parti szűrésű vízbázisait mutatja be, és amely vízbázisok utánpótlódása ezen vízbázisokból történik.

I. osztályú, kiváló víztestnek számít a mesterséges szennyező anyagoktól mentes, tiszta, természetes állapotú víz, amelyben az oldottanyag-tartalom kevés, közel teljes az oxigéntelítettség, a tápanyagterhelés csekély és szennyvízbaktérium gyakorlatilag nincs.

II. osztályú, jó víz a külső szennyező anyagokkal és biológiailag hasznosítható tápanyagokkal kismértékben terhelt, természetes szagú és színű víz. A vízi szervezetek fajgazdagsága nagy, egyedszámuk kicsi, beleértve a mikroorganizmusokat is, viszont kevés bennük a szennyvízbaktérium.

III. osztályú, tűrhető víz mérsékelten szennyezett (például tisztított szennyvizekkel már terhelt) víz, amelyben biológiailag hasznosítható tápanyagterhelés eutrofizálódást eredményezhet. Szennyvíz-baktériumok következetesen kimutathatók. Az életközösségben a fajok számának csökkenése és egyes fajok tömeges elszaporodása vízszíneződést is előidézhet. Esetenként szennyeződésre utaló szag és szín is előfordul.

IV. osztályú, szennyezett víz esetében külső eredetű szerves és szervetlen anyagokkal, illetve szennyvizekkel terhelt, biológiailag hozzáférhető tápanyagokban gazdag a víztest. Az oxigénháztartás jellemzői tág határok között változnak, előfordul anaerob állapot is. A nagy mennyiségű szerves anyag biológiai lebontása, a baktériumok nagy száma (ezen belül a szennyvízbaktériumok uralkodóvá válnak), valamint az egysejtűek

tömeges előfordulása jellemző. A víz zavaros, esetenként színe változó, előfordulhat vízvirágzás is. A biológiailag káros anyagok koncentrációja esetenként a krónikus toxicitásnak megfelelő értéket is elérheti. Ez a vízminőség kedvezőtlenül hat a magasabb rendű vízi növényekre és a soksejtű állatokra.

V. osztályú, erősen szennyezett vizekben különféle eredetű szerves és szervetlen anyagokkal, szennyvizekkel erősen terhelt, esetenként toxikus víz. Szennyvízbaktérium-tartalma közelít a nyers szennyvizekéhez. A biológiailag káros anyagok és az oxigénhiány korlátozzák az életfeltételeket. A víz átlátszósága általában kicsi; zavaros, bűzös, színe jellemző és változó. A bomlástermékek és a káros anyagok koncentrációja igen nagy, a vízi élet számára krónikus, esetenként akut toxikus szintet jelent.

A felszíni vizekre vonatkozó határértékeket az MSZ 12749 számú szabvány, illetve az azt módosító/kiegészítő 10/2010. (VIII.18.) VM rendelet 1. melléklete tartalmazza, azok részletes tárgyalása nem képezi részét dolgozatomnak [99].

### **3.1.2. A víz minősítése a Víz Keretirányelvek alapján**

Magyarország az Európai Unióba belépésekor átvette annak legfontosabb, vízgazdálkodásra vonatkozó jogszabályát, a Víz Keretirányelvet (továbbiakban: VKI). Ennek a jogszabálynak a célkitűzése a vízvagyon jelenkori védelme, hogy az megfelelő mennyiségű és minőségű vizet biztosítson a jövő nemzedékek számára azzal, hogy a vízi ökoszisztémák állapotát megőrizzük, illetve lehetőség szerint javítjuk. Ezen cél elérése érdekében védelmet biztosít minden víztípusnak: folyóknak, tavaknak, tengerpart menti vizeknek, felszín alatti vizeknek, úgy, hogy szigorú minőségi előírásokat tartalmaz annak érdekében, hogy 2015-re felmérjék a felszíni vizek állapotát, majd mindazok után 2015. december 22-ével összeállították a 2015-2021 közötti vízgazdálkodásra vonatkozó prioritásokat az Országos Vízyűjtőgazdálkodási Tervben. Ezen terv célja, hogy elérjék az általuk meghatározott „jó” kémiai és ökológiai állapotot, illetve megelőzzék az esetleges minőségromlást.

A vízgazdálkodást ez a jogszabály is értelemszerűen nem határok szerint, hanem vízgyűjtő területenként [100] szervezi meg (ld. 20. ábra).



20. ábra: A Duna teljes vízgyűjtő területe [101]

Miután hazánk is végrehajtotta a jogharmonizáció lépéseit, kijelölték a védelemre illetékes hatóságokat, majd a felszíni vizek tipológiáját is meghatározták (ld.1. fejezet). A VKI alapján jó néhány korábban használatos fogalom új értelmet kapott, illetve új fogalmak kerültek használatra. Ezek közé tartozik a vízgyűjtő<sup>52</sup> terület fogalmának átértékelése is.

A VKI is abból indul ki, hogy az egyes területek védelmét csak akkor lehet meghatározni, ha az adott felszíni víztestek ökológiai állapotát felméri. Ehhez viszont referenciaterületek kijelölésére és a referenciaparaméterek meghatározására volt szükség. A felszíni vizek esetében ezeket tartalmazza a 12. táblázat:

	Folyók	Tavak
Biológiai jellemzők	Makrofitonok, fitobenton Makroszkópikus gerinctelenek Halak	Fitoplankton, fitobenton Makrofitonok Makroszkópikus gerinctelenek Halak
Hidro-morfológiai jellemzők	Vízhozam jellemzők Kapcsolat a vízadókkal Mélység, szélesség Mederjellemzők Vízparti zóna	Vízállásjellemzők Kapcsolat a vízadókkal Tartózkodási idő, mélység Tómeder jellemzők Vízparti zóna

<sup>52</sup>Megjegyzendő, hogy a VKI tipológia szerint csak annak a folyónak van vízgyűjtő területe, amely a tengerbe vagy óceánba ömlik. Így Magyarországi folyóink mind a Duna részvízgyűjtő területét képezik.

	Folyók	Tavak
Fizikai-kémiai és kémiai jellemzők	Hőmérsékleti viszonyok Oxigénháztartás Sótartalom Savasodási állapot Tápanyagok Jelentős mennyiségben bevezetett szennyezőanyagok Kiemelten veszélyes anyagok	Átlátszóság Hőmérsékleti viszonyok Oxigén háztartás Sótartalom Savasodási állapot Tápanyagok Jelentős mennyiségben bevezetett szennyezőanyagok Kiemelten veszélyes anyagok

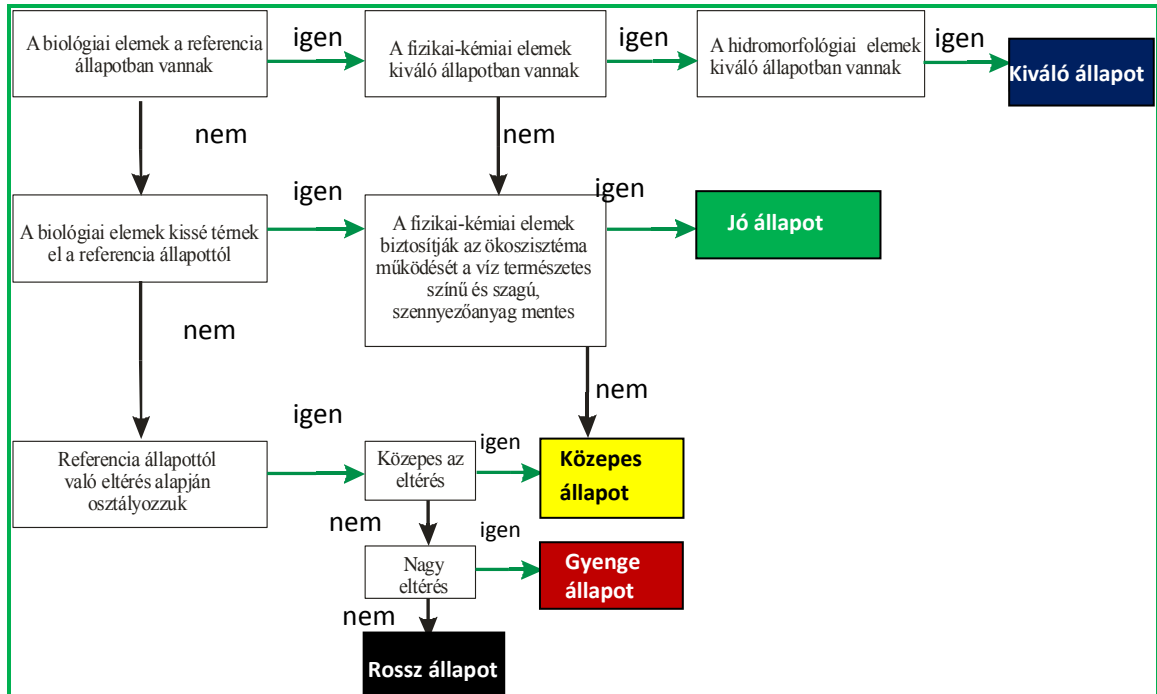
12. táblázat: A vizek minősítésének jellemző csoportjai [100 p.28]

Ezen jellemzők alapján történik meg a minősítés folyamata, amelyet az alábbi 21. ábra mutat be szematikusan.



21. ábra: A felszíni és felszín alatti vizek minősítése [102]

A VKI szerinti vízminősítés a víztesteket szintén öt kategóriába sorolja be, mint a Magyar Szabvány szerinti osztályozási módszer, csak nem I.-V.-ig minősíti a víztesteket, hanem a „rossz”-tól a „kiváló”-ig jellemezve (ld. 22. ábra).



22. ábra: A biológiai, hidromorfológiai és fizikai-kémiai elemek szerepe az ökológiai állapot osztályba sorolásában [100 p.30]

A VKI rendszere alapján **kiváló**nak tekinthető az a víztest, amelyben nincs vagy alig van antropogén eredetű eltérés a víztest adott típusának fizikai-kémiai és hidrológiai-morfológiai minőségi elemeinek értékében azokhoz képest, amelyek ezt a típust zavartalan viszonyok között általában jellemzik, illetve a biológiai elemeinek értékei megfelelnek azoknak az értékeknek, amelyek általában jellemzik ezt a típust zavartalan viszonyok között, és semmilyen vagy csak igen kevés torzulást mutatnak.

**Jó** állapotúnak nevezzük azon felszíni víztesteket, amelyek biológiai minőségének elemeire vonatkozó értékek emberi tevékenységből származó kismértékű torzulást mutatnak, de amelyek értékei csak kevéssé térnek el azoktól, amelyek ezt a típust zavartalan körülmények között általában jellemzik.

**Közepes** – vagy mérsékelt – állapot jellemző a felszíni víztestre, ha annak biológiai minőségének elemeire vonatkozó értékek mérsékelten eltérnek azoktól, amelyek általában jellemzik ezt a típust zavartalan viszonyok között. Az értékek torzulása antropogén eredetű, és jelentősen zavartabbak, mint a jó állapot feltételei között.

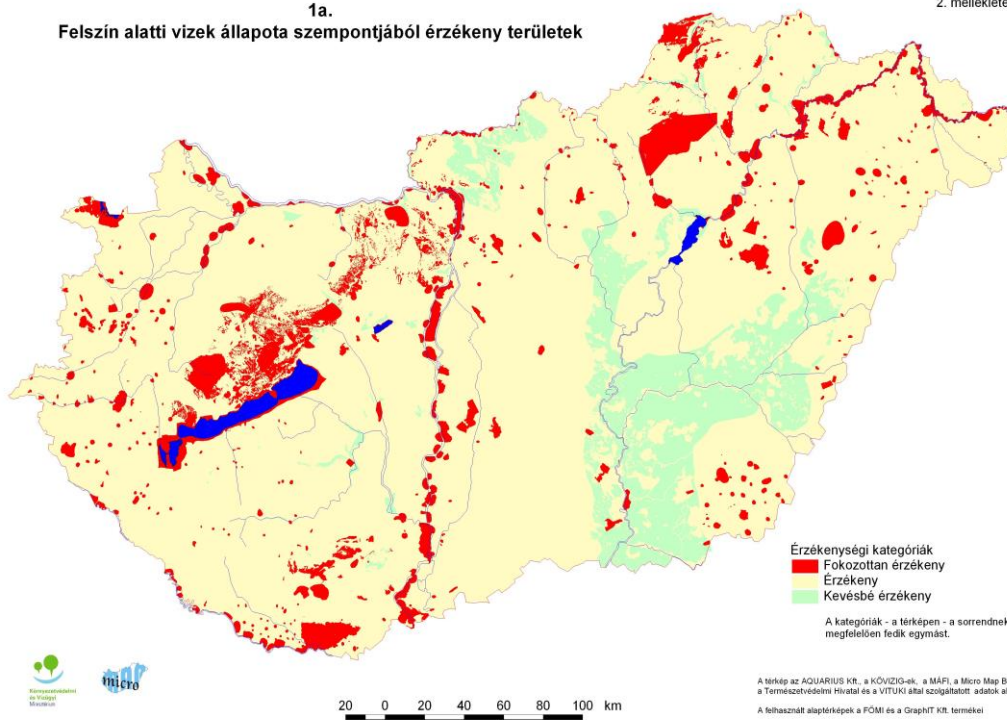
A közepesnél rosszabb állapotot elérő vizeket **gyengének** vagy **rossznak** kell minősíteni. **Gyenge** az a víztest, amelyek biológiai minőségi elemei jelentős elváltozását mutatnak, és amelyekben a megfelelő biológiai közösségek jelentősen eltérnek azoktól, amelyek általában együtt járnak azzal a típussal zavartalan viszonyok között. **Rossznak** minősítik az olyan vizeket, amelyek a felszíni víztest típusára vonatkozó biológiai minőségi elemek egyértelműen súlyos elváltozását mutatják, és amelyekben a megfelelő biológiai életközösségek jelentős hányada hiányzik azok közül, amelyek ezt a típust zavartalan viszonyok között általában jellemzik.

A VKI az minősítéshez ajánlásokat ad. Az egyes minősítési osztályok határainak megállapításának módszerei nincsenek rögzítve, EQR (Environmental quality ratio/ környezeti minőségarány) értékek használatát írja elő, ahol az értékeket megfelelő biztonsággal kell megállapítani, figyelembe véve az egyes lehetséges hibák, mint például mintavételi, analitikai hibák, a víztest természetes változékonyságából eredő eltérések, stb., felmerülését is. Az EQR értékek megállapítása viszont az egyes uniós tagországok dolga. Az EQR tulajdonképpen egy arányszám, ami megmutatja, hogy a víztestben a megfigyelt ökológiai paraméterek értékei és az ugyanerre a víztestre megállapított referencia állapot értékei között milyen eltérések vannak. Ezek az értékek mindig 0 és 1 közé esnek, a kiváló állapothoz közelítő értékek az egyhez tartanak, míg a rossz állapotot reprezentáló értékek a nullához közelítenek.

$$\text{EQR} = \frac{\text{Megfigyelt érték}}{\text{Referencia érték}}$$

A VKI ezzel az osztályozással a fenntartható vízgazdálkodást alapozza meg, valamint megpróbálja elkerülni a felszín alatti vizek (tovább)szennyezését, de egyben meg is célozza a már meglévő szennyezés csökkentését. A 23. ábra megmutatja hazánk esetében, mely területeinken érzékeny a felszín alatti vízbázisok.

1a.  
Felszín alatti vizek állapota szempontjából érzékeny területek



23. ábra: A felszín alatti vizek állapota szerint érzékeny területek, Forrás: 2019/2004.  
(VII.21.) Kormányrendelet 2 melléklete [103]

### 3.2. Az ivóvíz minősítést célzó jogszabályok

Miután az egyes vízbázisok osztályozása megtörtént, és azokat ivóvízi felhasználás céljára ténylegesen alkalmasnak találták, a felhasználás előtt és vételezés során rendszeresen laborvizsgálatnak kell alávetni őket. Az ivóvíz célra felhasznált vizekkel szemben támasztott részletes követelményeket a 178/2002/EK rendeleten alapuló 201/2001. (X. 25.) Korm. rendelet az ivóvíz minőségi követelményeiről és az ellenőrzés rendjéről, illetve az azt módosító 430/2013. (XI. 15.) Korm. rendelet szabályozza. [104] [105] [106]

Ezen rendelet 3.§ (1) kimondja, hogy „*az ivóvíz minőségére vonatkozó határértékeket az 1. számú melléklet tartalmazza. (2) A víz akkor felel meg az ivóvíz minőségnek, ha a) nem tartalmaz olyan mennyiségben vagy koncentrációban mikroorganizmust, parazitát, kémiai vagy fizikai anyagot, amely az emberi egészségre veszélyt jelenthet, és b) megfelel az 1. számú melléklet A) és B) részében meghatározott követelményeknek, továbbá c) az a)-b) pontokban, valamint a 4-6. és 8. §-okban meghatározott követelmények teljesülnek, és minden szükséges intézkedés megtörtént annak érdekében, hogy az ivóvíz minősége megfeleljen a jelen rendeletben meghatározott előírásoknak.*

*(3) A külön jogszabályban meghatározott karszt-, talaj- és partiszűrészű vízbázisból vízkezelés nélkül szolgáltatott ivóvíz esetén minden vízkivételi pontnál külön-külön, valamint a felszíni vízbázisból származó, víztisztító műben termelt ivóvíz esetén az 1. számú melléklet D) részében meghatározott követelményeknek teljesülniük kell.*

A rendelet kitér a víz minőségének ellenőrzésére is. Ehhez az 5. § (1) bekezdésben előírják, hogy „Az üzemeltető köteles gondoskodni arról, hogy az ivóvíz minőségét ivóvízvizsgálatra akkreditált laboratórium a 2. számú mellékletben meghatározottak alapján az illetékes hatóság által évente határozatban jóváhagyott vizsgálati program szerint ellenőrizze.”

A 201/2001. Korm. rendelethez szorosan kapcsolódik a 6/2009. (IV. 14.) KvVM-EüM-FVM együttes rendelet, amely mellékleteiben tartalmazza a földtani közeg és a felszín alatti vizek szennyezéssel szembeni védelméhez szükséges határértékeket és a szennyezések mérési módjait. [107]

Kutatásaim során felkerestem számos hazai, vízgazdálkodással, szennyvíztisztítással foglalkozó szervezetet és üzemet, illetve (ivó)vízvizsgálattal foglalkozó labort és annak vezetőjét, valamint jó néhány, vizeink minőségével foglalkozó intézménnyel folytattam interjút személyesen és telefonon is. Ezek listája a dolgozatomhoz csatolt 2. sz. mellékletben található.

A vízminták bevizsgálásához elégséges, hogy a szabványosított vízvizsgálati eljárást akkreditált labor végezze. Azt azonban, hogy ezen akkreditált laborok milyen analitikai módszerekhez nyúlnak, és ahhoz milyen mérőeszközöket használnak, egyetlen jogszabály sem határozza meg. Nem egy labor munkatársa elmondta a náluk alkalmazott vizsgálati módszerekkel kapcsolatban, hogy szemben a szabványosítás lassú eljárásával, ők tudják követni a gyors technikai fejlődést, új mérőberendezéseket szereznek be, sőt maguk fejlesztik ki azokat. A saját fejlesztésű eszközök esetében azonban felmerül a kérdés, hogy el lehet-e fogadni az azok által mért eredményeket. Hiszen az elfogadható eredmény alapfeltétele, hogy az akkreditált laborban a jogszabályban meghatározott időnként bekalibrált mérőműszereket használjanak. Azonban milyen módszer és értékek alapján lehet kalibráltatni egy olyan mérőeszközt, amely teljesen új fejlesztés és esetenként olyan teljesen új technológiával mér, amelyre eddig nem fejlesztettek ki kalibrálási módot? (Kiegészítve azzal, hogy az ipari titok megtartása érdekében esetleg nem is óhajt prezentálni a fejlesztője.)



### 3.2.1. A jelenleg érvényben lévő szabványügyi vizsgálatok megfelelősége, kompatibilitása a vízszennyezések típusaival

A rendelet nevezett 2. melléklete tartalmazza a vizsgálandó vízminőségi jellemzőket, a mintavétel módját, gyakoriságát, s ahogy már elhangzott, csak annyit ír elő, hogy a vizsgálat akkreditált laborban történjen, a módszerek tekintetében nincs előírás. Az egyes vízminősítéssel foglalkozó, akkreditált cégek honlapjain mindenki számára hozzáférhetően megtalálhatóak az úgynevezett RÉSZLETEZŐ OKIRAT (egy példáját lásd a 13. táblázatban), amely az egyes cégek esetében nyilvántartási státuszhoz rendelve részletezi az adott cég egyes akkreditálási területeihez tartozó vizsgált vagy mért jellemzőket, a mérési tartományokat és a vizsgálati módszereket<sup>53</sup>. A RÉSZLETEZŐ OKIRAT minden egyes vizsgált tényezőről leírja, hogy milyen mátrixot (pl.vizet) milyen értékekre és hatásokra, mely mérési módszerrel vizsgálnak be. A vizsgálati/mérési módszereket tartalmazó oszlopban általában csak bizonyos szabványok neve és száma található. Az átlagember ezekhez a szabványokhoz nem is nagyon tud hozzáférni, hiszen csak fizetés ellenében lehetséges hozzájutni. Azonban, ha részletesen utána nézünk az egyes vízminősítést végző laborok esetében az OKIRATokban foglaltaknak, felfedezhetjük, hogy azok bizonyos tételeknél nem minden esetben ugyanazon vizsgálati módszerre, ugyanazon szabványra hivatkoznak.

Vizsgált termék/anyag	Vizsgált/mért jellemző, a vizsgálat típusa, mért tartomány	A vizsgálat/mérési módszer azonosítója
Vizek (ivóvíz, ásvány- és gyógyvíz, stb...)	összes oldott anyag tömegmérés alsó méréshatár 10 mg/l	MSZ 123-21:19yx x. fejezet
	lúgosság acidimetria alsó méréshatár 0,1 mmol/l	MSZ 123-4: 19xy
...		

13. táblázat: Példa a Részletező okirat lehetséges tartalmára. Forrás: saját készítésű

táblázat a laborok iratai alapján

Amennyiben alaposan megnézzük az egyes laborok részletező okiratait, több anomáliába is ütközünk. A felmerülő problémák:

<sup>53</sup> Az egyik vezető laboratórium, a Bálint Analitika Kft. részletező okirata a <http://40.127.107.92/uploads/attachment/file/4599/NAT-1-1666-2015-01RO.pdf> cím alatt található

- Van olyan labor, amely a vízminősítési módszerek között bizonyos komponensek mérésénél olyan szabványra hivatkozik, amely nem is a (szenny)vizek vizsgálatát célozza be, hanem például talajvizsgálati szabvány. Az ezen szabványok alapján elvégzett méréseknél többek között határértékbeli probléma is felmerülhet.
- Nem egy esetben látható az a megjegyzés a vizsgálati módszerek mellett, hogy MSZ xxx:19yy, „visszavont szabvány”. A visszavont szabványok esetében nem kerül megadásra helyette érvényes más szabvány vagy módszer.
- Az egyes mérendő paraméterek esetében – például az illékony (szerves) anyagok – ugyanazon szabvány kerül megadásra, mintha nem illékony anyagokat mérnének.
- Egyes komponensek esetében nem szabvány, hanem előszabvány szerepel a módszereknél. Az előszabványok közül nem egy jellemzője pedig, hogy nem tartalmaznak mérésre vonatkozó részletes utasítást.
- Bizonyos labor(ok) nem hivatkoznak elfogadott szabványra, hanem saját maguk által fejlesztett mérési módszer által vizsgálnak be egyes komponenseket.

Az egyes laborok vizsgálati módszerei és azok megfelelése vagy hatékonysága mellett problémát okozhat a jogszabályok nem megfelelő megfogalmazása is. Amennyiben a 201/2001. (X. 25.) Korm. rendelet 1. számú mellékletét vizsgáljuk meg részletesen, annak 8. pontja foglalkozik a peszticidek kérdésével. Ezen pont alapján *„csak azokat a peszticideket kell rendszeresen vizsgálni, amelyek az adott vízellátó rendszerben jelen lehetnek. Ennek eldöntéséhez évente ad támpontot – hivatalos közlönyben – az OTH, de a helyi információk (területi vízügyi hatóságok, fővárosi és megyei kormányhivatal népegészségügyi szakigazgatási szervei, növényvédelmi állomások véleményének) figyelembevétele is szükséges.”* A jogszabálynak csak ezen két mondatát nézve is több problémát fedezhetünk fel benne. Ha csak az adott mondat megfogalmazását nézzük, az nem nevezhető eléggé szakmainak: *„csak azokat a peszticideket kell rendszeresen vizsgálni, amelyek az adott vízellátó rendszerben jelen lehetnek...”*. Több száz különböző ismert és engedélyezett peszticid van hazánkban. Azonban a privát vagy kisebb háztartásokban használt különböző szerekről például nem tesznek (nem is kell) a gazdák jelentést az egyes szakszervek felé, ezért eleve nem valószínűsíthető, hogy az adott vízgyűjtő területről bizonyos komponenseket vizsgálni fognak. Mindehhez hozzá jön a tény, miszerint ahogy a legtöbb egyéb (szennyező)anyagot is célzottan kell vizsgálni, keresni egy közegben, a peszticidek esetében sincs olyan vizsgálati módszer, amely általánosan bevethető, és amely minden

pesticid típust egyaránt észrevesz és kimutat. Ráadásul ugyanezen pont ugyan megjelöl egy hivatalos szervet – az Országos Tisztifőorvosi Hivatalt –, amelynek foglalkoznia kell ezzel a pesticid-kérdéssel, és amely elméletileg naprakészen vezeti az egyes vízellátó területeken felhasznált, mindenkor engedélyezett és éppen forgalomban lévő növényvédő szerek listáját. Ez azonban csak a jogszabályban előírt feladatai közé tartozik az OTH-nak, mert a nevezett lista nem kerül évente/rendszeresen frissítésre.

Ha megvizsgáljuk a 6/2009. (IV. 14.) KvVM-EüM-FVM együttes rendeletet, ott is számos anomáliára lehet találni. Ezen rendelet a földtani közeg és a felszín alatti víz szennyezéssel szembeni védelméhez szükséges határértékekről és a szennyezések méréséről a mellékleteiben felleltázza az egyes szennyező anyagokat, valamint az azokhoz tartozó egészségügyi határértékeket.

A rendelet 2. melléklete foglalkozik a felszín alatti vizeket érintő szennyező anyagokkal és határértékeikkel, külön alpontokra szedve az egyes szennyezőanyag csoportokat. A teljesség igénye nélkül kiragadok néhány példát, hogy bemutassam a jogszabály hiányosságait, visszásságait. A 2. melléklet 12. pontjában (lásd a 14. táblázatot) [107] található meg a növényvédő szereket érintő határértékeket például.

<b>Növényvédő szerek (mértékegység: µg/l)</b>			
<b>CAS szám</b>		<b>B<sup>54</sup></b>	<b>K<sub>I</sub><sup>55</sup></b>
50-29-3	DDT		K1
	Karbamátok	0,1	K1
...	...		
	Egyéb * Növényvédő szerek aktív hatóanyagai	0,1	K1
	** Növényvédő szerek aktív hatóanyagai, beleértve azok bomlástermékeit és reakciótermékeit összesen	0,5	K1

\* *Növényvédő szerek: az élelmiszerláncról és hatósági felügyeletéről szóló törvény szerint.*

\*\* *Összes: minden egyes a nyomon követési eljárás során kimutatott és számszerűsített növényvédő szer összege, beleértve az anyagcseretermékeket, a lebontási termékeket és a reakciótermékeket.*

14.táblázat: Határérték előírás a növényvédő szerekre, forrás: Saját készítésű kivonat a

6/2009. (IV. 14.) KvVM-EüM-FVM együttes rendelet 2. mellékletéből

<sup>54</sup> A már korábban említett B szennyezettségi határérték

<sup>55</sup> A veszélyességét jellemző besorolás, mely szerint K1 a minden esetben veszélyes anyagokat jelöli

Első körben itt is felmerül ugyanazon probléma, mint a 201/2001. (X. 25.) Korm. rendelet esetében. Az analitikai mérések nem „egyéb” szereket vizsgálnak. A vizsgálatokat célzottan kell végezni, kifejezetten anyagokra lebontva keresni a szennyezéseket. S vajon hány peszticid típusra kell ezen előírás alapján elvégezni a vizsgálatot. Vajon melyik labor jár el a fentiek alapján szabályosan? Amelyik kiválaszt két vagy három olyan növényvédő szer komponensét azok közül, amelyek nincsenek nevesítetten felsorolva, de jelen lehetnek a hazánkban engedélyezett szerek között és bevizsgálja azokat? Hiszen 2-3 vizsgált anyaggal már teljesítik a rendeletben megfogalmazott többes számot. Vagy az korrekt eljárás mód, amikor megvizsgálják például a legtöbbet használt 20 növényvédő szert? Mert ilyen esetben viszont a határérték kérdésének problémájára is ki kell térni. Hiszen egy olyan labor, amelyik az „egyéb” kategória miatt akár 15-20 komponenset is bevizsgál, könnyen lehet, hogy túllépi a rendelet által megadott, amúgy igen csak alacsony 0,1-05 µg/l értéket és ezért az adott vízbázist szennyezettnek minősíti, míg esetleg ugyanazon víztest vizsgálatakor a maga 2-3 bevizsgált komponensével egy másik labor ellentétes eredményre jut!

A '60-as évek végén betiltott DDT-t is felsorolják a táblázatban, ugyanakkor nem rendelnek hozzá határértéket. Ez alapján vizsgálni kell, és már a pusztán jelenléte is a vízbázis kizárását vonja maga után? Ha a „... csak azokat kell vizsgálni.... amelyek jelen lehetnek...” elvől indulunk ki, akkor viszont miért került fel egyáltalán a vizsgálandó anyagok listájára?

Ezen rendeletben található jó néhány egyéb olyan probléma is, ami sokkal konkrétabb megfogalmazás mellett is hibás eredményeket hozhatnak. A mellékletek 3. pontjában vannak előírva az „Alifás szénhidrogének (TPH) (mértékegység: mg/kg szárazanyag)” vizsgálati. A zárójelben megadott TPH rövidítés alatt azonban az angol Total Petroleum Hydrocarbons, azaz az összes ásványi szénhidrogént értik [108], amelyeket a 15. táblázat mutat be.

<b>Alifás szénhidrogének (TPH) (mértékegység: mg/kg szárazanyag)</b>			
		<b>B</b>	<b>K<sub>i</sub></b>
	Összes alifás szénhidrogén (TPH)	100	K1
	C <sub>5</sub> -C <sub>40</sub>		

15. táblázat: Határérték előírás az alifás szénhidrogénekre, forrás: saját készítésű kivonat a 6/2009. (IV. 14.) KvVM-EüM-FVM együttes rendelet 2. mellékletéből

Ebben a meghatározásban két helyen is értelmezési probléma merül fel. Egyrészt a TPH csoportba számos alcsoport tartozik, többek között a megnevezett alifás szénhidrogének, de ide tartoznak az aliciklusos, monoaromás és policiklikus aromás szénhidrogének alcsoportjai is. Ez utóbbi három alcsoportot azonban nem említik, és nem is írják elő vizsgálataikat. Ez, illetve a vizsgálat hiánya egyrészt komoly problémát jelent, hiszen pl. a policiklikus aromás szénhidrogének (PAH) kőolajszármazékok [109], pl. az üzemanyagok égéstermékeiként kiülepedve kerülhetnek bele vizeinkbe, és ezek elvileg nem kerülnek bele előírás alapján a vizsgált mátrixba. Másrészt ez a pont és a táblázat szinonimaként kezeli a TPH-t és az alifás szénhidrogéneket, a bennük lévő szénatomok számát is megjelölve. Mint fentebb is említettem, az alifás szénhidrogének a TPH-k negyed alcsoportját képezik. A C5-C40-es szénatomszámú szénhidrogének ténylegesen a TPH csoportba tartoznak, ugyanakkor ezeknek például a mérése sem egységes. A C5-C12-es szénatomszámú vegyületek közé tartozó úgynevezett VPH-k56 (Volatile Petroleum Hydrocarbons, azaz illékony szénhidrogének) [110] mérését gázkromatográfiás módszerrel végzik el, azaz egységnyi anyag sózásával, melegítésével, majd a gőztérből való kivonásával mérik, míg a C10-C40-es szénatomszámmal rendelkező EPH-kat (Extractable Petroleum Hydrocarbon – extrahálható szénhidrogének) [111] pedig oldószerben való feloldás után szilikagéllal távolítják el a mátrixból.

A problémák között megemlítendő az is, hogy amíg az EPH-k vizsgálatára találhatunk szabványt a magyar jogi háttérben, addig a VPH-k meghatározására nem.

Az alábbi 16. számú táblázat mutatja be összesítve az előírásokat mind a vízminősítés, mind a talajvizsgálatok tekintetében, a hozzájuk rendelt vizsgálati módszerekkel egyetemben.

<sup>56</sup> Az illékony szénhidrogéneknek két alcsoportja van, az illékony alifás szénhidrogének (VALPH Volatile Alifatic Petroleum Hydrocarbons) és az illékony aromások (VAPH Volatile Aromatic Petroleum Hydrocarbons)

A meghivatkozott / felhasználható szabványok			
Vízvizsgálat		Talajvizsgálat	
MSZ 1487-7:2009	Nincs szabvány	MSZ 21470-94:2009	MSZ 21470-105:2009
Vízminőség. Az extrahálható szénhidrogén-tartalom (EPH) gázkromatográfiás meghatározása a 160-520 °C forráspont-tartományban	Vízvizsgálat, szénhidrogén-tartalom (VPH) meghatározására	Környezetvédelmi talajvizsgálat. Az extrahálható szénhidrogén-tartalom gázkromatográfiás meghatározása 160-520 °C forráspont-tartományban	Környezetvédelmi talajvizsgálatok. A szénhidrogén-tartalom meghatározása 36-220 °C forráspont-tartományban gázkromatográfiás módszerrel

16. táblázat: A vízvizsgálatra felhasznált és meghivatkozott szabványok ellentmondásai.

Forrás: Szerző saját szerkesztése a Volk Gáborral (Wessling labor) történt interjú alapján

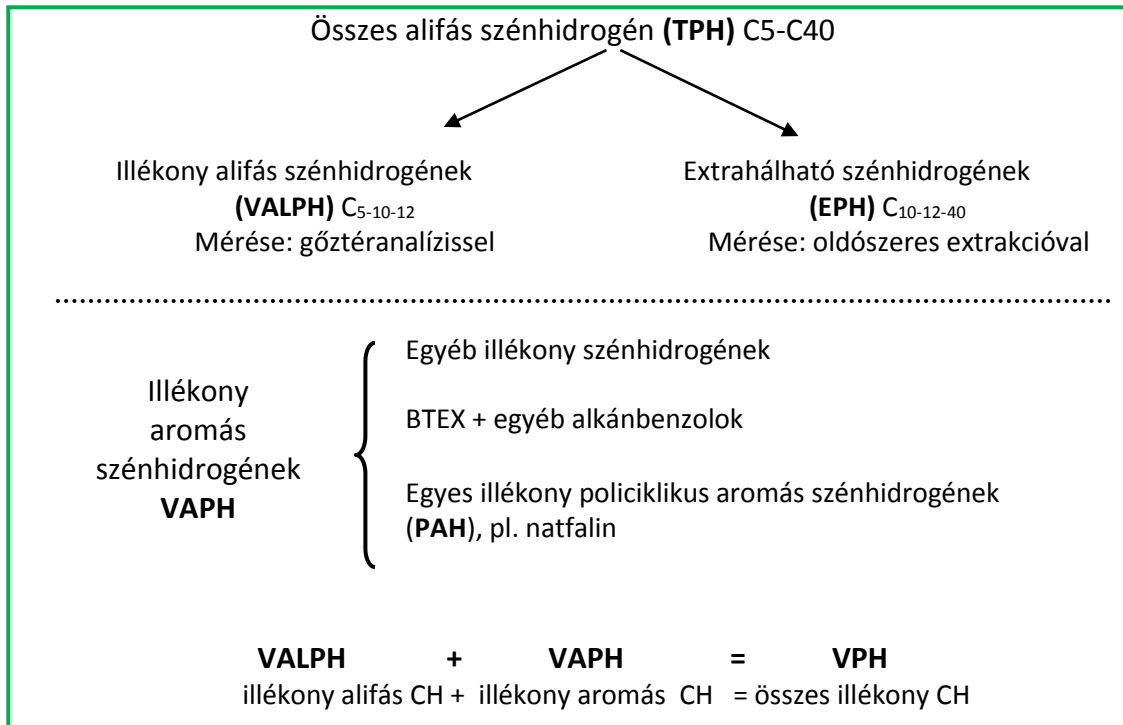
A szénvegyületek már említett vizsgálati kérdésein felül további pontokat is kiemelhetünk. Ezek közé tartozik a szénhidrogének azon csoportjának kérdése, amelyek a maguk 10-13 szénatomjával 300-400 kombinációjú elágazást tudnak produkálni. Ezen elágazásokba, ahogy a nevük is mutatja, „beleülhetnek” klóratomok is, ezzel szinte mérhetetlen mennyiségű (több ezer) halogénezett szénhidrogén vegyületet, izomereket keletkeztetve. A nagyműszeres analitikai módszerek azonban ezeket a vegyületeket is egyesével mérnek. Ha ehhez hozzávesszük azt a ténytet, amit a 17. táblázat is mutat, azaz, hogy a szennyezettség határértéke 0,4 µg/l-nél áll, ugyanazon kérdés vetődik fel, amely felmerült már a peszticidekkel kapcsolatban is, tehát hogy ezen klóralkánok közül hányat is kell keresni és kimutatni egy adott víztest esetében ahhoz, hogy azt minősíteni tudjuk.

C10-C13 klóralkánok (mértékegysége: µg/l)			
CAS szám		B	K <sub>1</sub>
	C10-C13 klóralkánok	0,4	K1

17. táblázat: Határértéki előírás a klóralkánokra, forrás: Saját készítésű kivonat a 6/2009.

(IV. 14.) KvVM-EüM-FVM együttes rendelet 2. mellékletéből

A 24. ábra összefoglalóan bemutatja a szénhidrogének fentebb részletezett problémáit azok vizsgálatának kérdésében, úgyis mint a fogalmi, értelmezési kérdéskör, de mint a mérés technológia terén.



24. ábra: A TPH témakör, Forrás: Saját készítésű ábra, adatok Dr. Szoboszlai Sándor

Külön említést érdemel például a benzol (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>). A benzol az illékony szénhidrogének, azaz a TPH-kon belül a VPH-k csoportjába tartozik. A 6/2009-es rendelet azonban a benzol típusokat a melléklet 4. pontja alatt külön említi. A körülbelül 20 benzoltípust tartalmazó 4. pont (ld. a 18. táblázatot lentebb) az első néhány tételét leszámítva nem ad meg határérték paramétert, és ezáltal ez esetben ismételten egyáltalán nem egyértelmű, mely benzoltípusokat és mi alapján kell mérni.

<b>Benzol és alkilbenzolok (BTEX) (mértékegység: µg/l)</b>			
CAS szám		B	K <sub>1</sub>
71-43-2	Benzol	1	K1
108-88-3	Toluol	20	K1
...	...		
103-65-1	n-Propil-benzol		
108-67-8	1,3,5-Trimetil-benzol		

18. táblázat: Határértéki előírás egyes benzoltípusokra, forrás: saját készítésű kivonat a 6/2009. (IV. 14.) KvVM-EüM-FVM együttes rendelet 2. mellékletéből

Ugyanakkor felmerül a kérdés, hogy a benzolok egy csoportja (jóllehet az a TPH-k csoportjába tartozó vegyület) miért kerül külön kiemelésre a rendelet 4. pontjában, illetve ahogy a 19. táblázat is mutatja, egy másik csoportja a 7. pontjában, a halogénezett aromás szénhidrogének között?

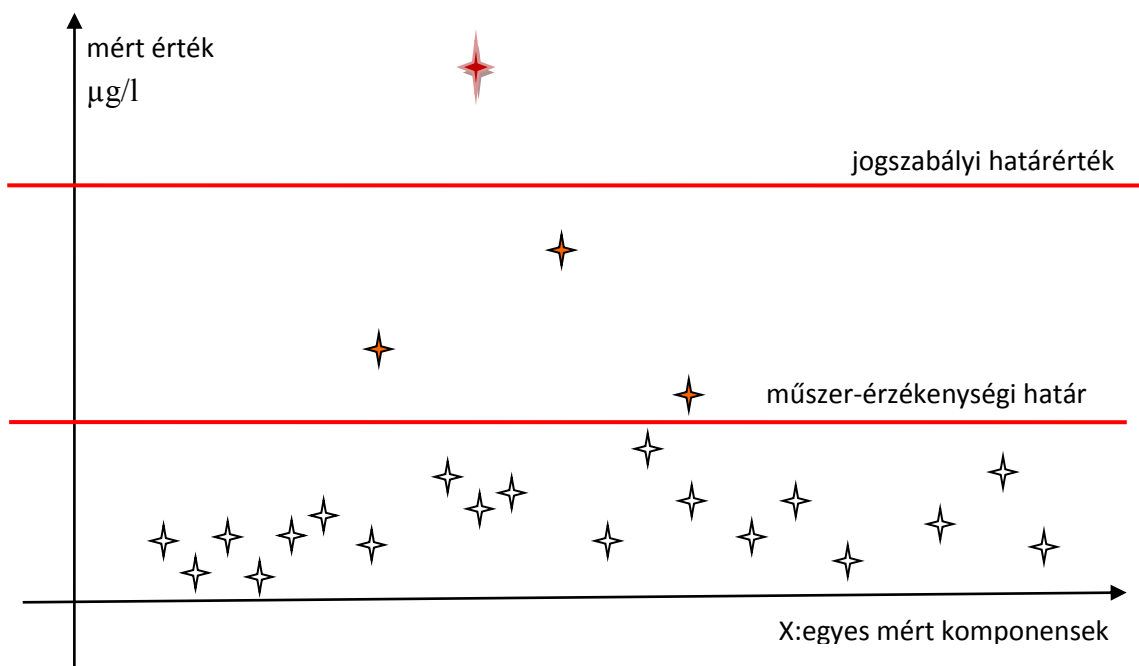
<b>Halogénezett aromás szénhidrogének (mértékegység: µg/l)</b>			
<b>CAS szám</b>		<b>B</b>	<b>Ki</b>
108-90-7	Klórbenzol	1	K1
	Diklórbenzolok	0,5	K1
	...		

19. táblázat: Határérték előírás a halogénezett aromás szénhidrogénekre, forrás: saját készítésű kivonat a 6/2009. (IV. 14.) KvVM-EüM-FVM együttes rendelet 2. mellékletéből

A rendelet előírásai alapján elvégzett vízvizsgálattal kapcsolatban ismételt felmerül ugyanaz a mennyiségi probléma, amely az „egyéb peszticidek” esetében is, vizsgálják azokat a benzolokat a rendelet 2. mellékletének 4. pontja szerint külön, vagy vonják be őket a 3. pont alapján a TPH-k alá, illetve vizsgálják azokat az egyéb alifás szénhidrogének között, szemben az összes szénhidrogénnel.

A több száz komponens összegének kérdésköre a technikai háttér szemszögéből is külön nehézséget okoz. A magas szintű technika meglétének vagy hiányának feltételét is figyelembe véve kijelenthetjük, hogy az egyes laborok felszereltsége is komoly szerepet játszhat a mért komponensek tekintetében. Ha például a halogénezett szénhidrogének esetéből indulunk ki, amelyekből kb. 5.000 különféle vegyület is létezik, azok vizsgálata kifejezetten erős műszaki felszereltséget feltételez. Ezek esetében sem összértéket kell mérni, hanem az egyes elemeket. Azonban ekkora spektrum esetében előfordul, hogy a mérendő elemek legtöbbször csak olyan mennyiségben van jelen egy vízbázisban, amelyet a mérőműszer egyenként nem is érzékel. Ezt szemlélteti a 25. ábra.





25. ábra: A mérőműszerek érzékenységének és a rendeletben foglalt szennyezettségi határértékek viszonya. Saját készítésű ábra.

Előfordul az is, hogy a legtöbb elemet nem veszi észre a berendezés, a mérhető komponensek esetében viszont az egyenként mért értékek bár a jogszabály által előírt határérték alatt vannak, összeadva pedig már túllépik azt. Ebben az esetben ugyanaz a kérdés merül fel, mint például a korábban már nevesített gyűjtőfogalmak (ld. peszticidek problémaköre) használatakor. Mivel nincs egyértelműen beszabályozva, a laborok egyéni megközelítése hatással lehet a mérési eredményekre, vagy akár a csalás lehetőségét is magába foglalja. Azon laborok, akik esetleg nem „kellően” érzékeny műszerekkel mérnek, könnyen kijelenthetik, hogy bevizsgálták az összes szükséges komponenst, és egyik sem érte el a jogszabályi határértéket, tehát az adott vízbázis fogyasztásra alkalmas, miközben csak a berendezés szenzibilitása miatt nincs kimutatható érték.

### 3.2.2. A kritikus infrastruktúraelemek kijelölését célzó jogszabályok

Az Országgyűlés által a vonatkozó 2008/114/EK uniós irányelvvel összhangban 2012. november 12-én elfogadott 2012. évi CLXVI. számú, a létfontosságú rendszerek és létesítmények azonosításáról, kijelöléséről és védelméről szóló törvény [112] [113] annak a hazai, a kritikus infrastruktúrákkal, illetve azok védelmével kapcsolatos munka lezárásának is tekinthető, amely a 2001. szeptember 11-i terrortámadás következtében az egész világon felgyorsította a kritikus infrastruktúrával, azok elemeivel kapcsolatos

kutatásokat, elemzéseket, (át)értékeléseket, szakmai és jogi intézkedéseket. Bár a kritikus infrastruktúra, a létfontosságú rendszerelemek kutatása rövid múltat tekint vissza, a kézzelfoghatóvá vált fenyegetettség hatására felgyorsultak az ehhez a tudományos területhez kapcsolható szakmai, jogi szabályozási tevékenységek<sup>57</sup>. Néhány részterület ugyan intenzívebb támogatást élvez (pl. információs rendszerek), a jogalkotók felismerték, hogy vannak bőven „fehér foltok”, ezért (is) kibővítették a létfontosságú rendszerelemek listáját.

A törvény 1.§ (f) pontja értelmében létfontosságú rendszerelemnek nevezzük az 1-3. mellékletben meghatározott ágazatok valamelyikébe tartozó eszköz, létesítmény vagy rendszer olyan rendszerelemét, amely elengedhetetlen az alapvető társadalmi feladatok ellátásához - így különösen az egészségügyhöz, a lakosság személy- és vagyonbiztonságához, a gazdasági és szociális közszolgáltatások biztosításához -, és amelynek kiesése e feladatok folyamatos ellátásának hiánya miatt jelentős következményekkel járna. [113] A három melléklet különböző időpontokban lépett hatályba: elsőként az energetikai és közlekedési ágazathoz tartozó elemek vonatkozásában, majd az agrárium és az egészségügy tekintetében, és végül a fennmaradó ágazatokat felsoroló 3. melléklet 2014. január 1-jével. Ez utóbbi, a többek között a vízügyi ágazat létesítményeit is magába foglaló melléklet által váltak az ivóvíz-szolgáltatás, a felszíni és felszín alatti vizek minőségének ellenőrzése, a szennyvízelvezetés és -tisztítás, a vízbázisok védelme, valamint az árvízi védművek, gátak is létfontosságú létesítményekké, és élveznek kiemelt védelmet.

A 2012. évi CLXVI. törvény végrehajtásáról rendelkező 65/2013. (III. 8.) kormányrendelet kimondja, hogy a Kormányoknak a rendelet alkalmazásában kockázatelemzés, valamint az ágazati és horizontális kritériumok alapján meg kell határozni a lehetséges létfontosságú rendszerelemeket, elemezni kell azok sebezhetőségét, illetve a megzavarásuk vagy megsemmisítésük által okozott

<sup>57</sup> A Bizottság 2004. október 20-án „A létfontosságú infrastruktúrák védelme a terrorizmus elleni küzdelemben” c. közleményében javaslatokat tett az európai kritikus infrastruktúrákat érhető terrortámadások megelőzésére, a felkészülésre és a reagálásra, majd 2005 novemberében kiadták az ún. Zöld Könyvet, amely a Kritikus Infrastruktúra Védelem Európai Programjának (EPCIP) kidolgozását és a Kritikus Infrastruktúra Védelmi Előrejelző és Információs Hálózat (CIWIN) felállítását szolgálta. A Zöld Könyvben általános célkitűzések mellett már szerepel az ágazati megközelítés is, a gyakorlati megvalósítása pedig párhuzamosan történik a közösségi stratégia kidolgozásában, a szektorális tevékenységben és a tagállamok védelmi tevékenységében megvalósulva.

következményeket értékelni kell, és meg kell határozni a létfontosságú információs rendszereket és azok létesítményeit, azaz a társadalom olyan hálózatszerű, fizikai vagy virtuális rendszereit, eszközeit és módszereit, amelyek az információ folyamatos biztosítása és az informatikai feltételek üzemfolytonosságának szükségességéből adódóan önmagukban létfontosságú rendszerelemek, vagy más azonosított létfontosságú rendszerelemek működéséhez nélkülözhetetlenek. [114]

A létfontosságú rendszerelemek kijelölésével kapcsolatban a jogszabályi háttér – ahogy a már egyéb megalkotott ágazatok esetében – a vízbázisok tekintetében is előír jó néhány (horizontális) kritériumot, módszertani megoldásokat nyújt, valamint igyekszik tisztázni a fogalmi hátteret.

Horizontális kritériumoknak hívjuk azon ágazatfüggetlen kritériumokat, amelyek alapján az egyes rendszerelemek létfontosságúvá minősülhetnek. Az egyes ágazatok tekintetében az alábbi kritériumokat szokták figyelembe venni:

*„- A veszteségek kritériuma: meghaladja-e az áldozatok száma 24 óra leforgása alatt a 20 főt, vagy a súlyos sérültek száma eléri a 75 főt, illetve 72 óra alatt ez a szám megduplázódik-e.*

*- A gazdasági hatás kritériuma magában foglalja mindazon gazdasági veszteség vagy termékek és szolgáltatások romlásának mértékét, illetve egy a rendszer(ek) és létesítmény(ek) fizikai sérüléséből, elvesztéséből fakadó közvetlen vagy közvetett károkat, amelyek ötvenezer fő vonatkozásában meghaladják az egy főre eső bruttó nemzeti jövedelem bármely 30 napos időszakra vetített mértékének 25 %-át.*

*- A társadalmi hatás kritériuma alá azon hatások sorolandók, amelyek esetében egy 300 fő/km<sup>2</sup>-nél sűrűbben lakott területen alkalmasak a köznyugalom súlyos megzavarására, beleértve a lakosságot érő káros pszichológiai és közegészségügyi hatásokat is.*

*- A politikai hatás kritériuma szerint, ha az állam és intézményei iránt megszűnik a közbizalom megszűnése, illetve, ha kritikus szint alá csökken valamely állami szerv működésképtelenné válása miatt a lakosság biztonságérzete.*

*- A környezeti hatás kritériuma alapján egy olyan eseményről vagy folyamatról beszélünk, amely miatt a természeti vagy épített környezetben, különösen az infrastruktúrában bekövetkező sérülés vagy zavar az épített vagy természetes környezet oly mértékű rongálódását idézi elő, amelynek következtében*

*= 10 000 fő kimenekítése vagy kitelepítése válik szükségessé, vagy*

*= legalább 100 km<sup>2</sup> nagyságú terület tartósan szennyeződik, vagy*

*= a felszín alatti vizek, vagy azok természetes víztartó képződményei, a folyóvizek és természetes tavak, valamint ezek medre vagy élővilága szenved tartós károsodást; illetve az ország tájegységeiben, kiemelkedő földrajzi területeiben visszafordíthatatlan negatív változás következik be.” [115]*

### **3.2.3. A lehetséges KI elemek bemutatása**

A vízbázisokkal kapcsolatos lehetséges kritikus infrastruktúra elemek száma igen bőséges. Ezek lehetnek mind felszíni, mind felszín alatti vízbázissal kapcsolatban, közvetlenül vagy közvetetten. Ide sorolandóak maguk a vízbázisok, a rájuk települt vízkivételi pontok, az egyes vízkezelő művek és víztározók is, de a jogszabályi meghatározás szerint az árvízi védekezés elemei is. Természetesen e helyen nem feledkezhetünk meg a 123/1997. (VII. 18.) Korm. rendelet által szabályozott védelmi övezetéről sem. A rendelet kimondja, hogy:

*„(2) Az (1) bekezdés szerinti vízbázisokat, vízilétesítményeket e rendelet szerinti fokozott védelemben (a továbbiakban: védelem) kell tartani.*

*2. § (1) A védelem, felszín alatti vízbázisnál védőidom, védőterület; felszíni vízkivétel esetén védőterület; a kivett víz kezelését, tárolását, elosztását szolgáló vízilétesítmény esetén védőterület, illetve védősáv meghatározását, kijelölését, kialakítását és fenntartását jelenti.” [35]*

Azonban az előző fejezetben kifejtett szennyezési módok miatt, amelyek mind a vízbázisokat, mind a rájuk telepített vízbeszerzési tárgyakat érinthetik, sok esetben az adott védelem nem tölti be szerepét.

#### **3.2.3.1. A vízbeszerző létesítmények**

Az egyes vízbeszerző létesítmények kialakítása elsődlegesen a vízadó réteg helyétől, annak minőségétől és az igényelt vízmennyiség nagyságától függ. Ezekkel a létesítményekkel szemben a létfontosságú rendszerelemmé való kijelölésétől függetlenül is az a követelmény, elsődlegesen a felszín alatti vízkivételi helyek, illetve a forrásfoglalások esetében, hogy a vízbeszerzési műtárgyak úgy kerüljenek kialakításra, hogy azok egyes szennyező hatások fellépése esetén meg tudják oldani a vízkészletek védelmét. A vízbázisok helye alapján lehetnek ezek a beszerzési művek mély- és sekély fúrásúak is.

A **sekély fúrású létesítmények** közül a kutak esetében a kútfej úgy kerül kialakításra, hogy a kútba felülről ne kerülhessen szennyeződés. Ennek megoldására agyagtömítést,

betongallért, jól záró aknafedlapot [37, p.1241], etc. használnak. A kút bélelése is szolgálhatja részben a védelmet. Kialakításától függően kaphatja a kút csak alulról a betáplálást (tömör), vagy akár oldalról is (hézagos, perforált), amely által már a fentebbi rétegekből a talajba esetlegesen beszivárgott szennyeződések a talajvízzel bejuthatnak a kútba is. A **galériák** esetében a galéria váza köré többszörös szűrőréteget alakítanak ki, és a víz csak ezeken a szűrőrétegeken keresztül juthat be a rendszerbe. A szűrőréteg fölé mindig egy vízzáró anyag kerül, amely megakadályozza, hogy felülről az adott vízbázisba egyéb víz folyhasson bele. Az **aknák** tulajdonképpen szintén kutak, csak különleges bányászati eljárással alakították ki őket olyan helyeken, ahol más módszerrel nem lehetet vizet nyerni. Legtöbbször például karsztaknákról van szó, ahol a barlangjáratos mészkőrétegekben jóval könnyebb aknával a vizet kinyerni, mint kúttal. Ezek biztosítása acél, beton, vasbeton köpennyel történik, de a kőzetek (pl. triász-dolomit) megfelelő vízzárósága esetén akár el is maradhat.

A **mélyfúrású létesítmények** esetében a vízzáró réteggel fedett vízbázisok kitermelése történik, általában 500 m-nél mélyebbről. Ezen létesítmények esetében a kitermelésre felhasznált csövek biztosítják elsődlegesen a vízkizárást, illetve az esetleges szennyezőanyagok bejutásának megakadályozását, valamint az illesztéseknél a tömszelencék alkalmazása nyújt védelmet.

### 3.2.3.2. A lefoglalt vízbázisok típusai

A vízbázisok védelméhez a kitermelő létesítmények mellett azt is meg kell nézni, hogy az adott műtárgyat milyen típusú vízbázisra telepítették.

- A **talajvízre** telepített vízművek esetében a vízbázis védelmét igen nehéz megoldani, hiszen akkor tekinthetünk egy vízművet talajvízes telephelynek, ha annak készletét zömmel a csapadék közvetlen beszivárgásából nyerik. Így igen nehéz ezen vizek kémiai és bakteriológiai tisztaságának megőrzése. Kémiai szempontból például a mezőgazdaságilag művelt területeken az egyes műtrágyákból származó szennyezőanyagok beszivárgása jelenthet gondot. A csapadékból és belvízből származó vizeket övárokkal lehetséges távol tartani. Ugyanakkor figyelmet kell arra is fordítani, hogy az ilyen víztermelő telepeket lehetőleg minél messzebb alakítsák ki az intenzíven művelt területektől, esetleg vízgyűjtő területükön erdő legyen.
- A **parti szűrésű vizeket** kitermelő vízművek esetében beszélhetünk vízdúsításos és dúsítás nélküli telepekről. [37, p.1273] A dúsítás nélküliek esetében szigorúan

csak azt a vizet vesszük ki, amely a folyóból beszivároghat. Ilyenkor a folyók, a part menti zóna szennyeződése okozhatja a problémát, akár balesetek során, de árvíz esetében is. Az ilyen vízművek esetében nem annyira a vízkitermelő műtárgy tudja megoldani a vízbázis védelmét, mint annak elhelyezése, például kellő távolságban a folyótól és az árvízvédelmi töltéstől. Ezen vízművek esetében általában figyelembe veszik a folyó fenékterhelését, valamint azt, hogy a folyó vize mennyi időt tölt a meder melletti kavicságyban, mire eléri a parti szűrésű vízbázist. (Pl. a Hernád terasz kavicsából kinyerni kívánt víz egy hónapos tartózkodás után eléri a víz íztelen és szagtalan állapotát, illetve a szennyező anyagok kiszűrését.) De a távolsági elhelyezés mellett vízzáró aknák létesítése is tovább növeli a vízminőség biztonságát. Dúsítással szokták növelni a víz mennyiségét, amely során a meglévő parti szűrésű vízkészlethez egyéb más kiemelt vizet is hozzáadnak.

- Hazánkban leggyakrabban valamely **rétegvízre** telepítenek vízkivételi műtárgyakat, amelyek szinte mindig rétegnyomásos rendszerű (artézi) kutak. A már említett szokásos kútkiképzési módszer mellett védőövezeteket alakítanak ki a vízbázis és a kút védelmére.
- A **forrásfoglalások** esetében a műtárgyak felépítésénél mindig kiépítenek olyan szerkezetet/felépítményt, amely a forrást a közvetlen szennyeződéstől megóvjá. Ezek közé tartoznak a kerítések, a külvizeket távol tartó övárkok, esetleges víztisztító berendezések, de a forrás mellett elhaladó utak vagy vízfolyások burkolata is. Ugyanígy kialakítanak külső és belső védelmi övezeteket is. A belső védelmi öv a vízbefogó létesítménytől 50 m-es sugarú körben található, amelyek határán többnyire a külvizek távoltartására övórokrendszert – szükség esetén akár burkoltan is – alakítanak ki. Külső védőövezet 100 m-es sávban található a belső övezet határától. Erre a területre egyebek közt például legeltetési és trágyázási tilalmat is előírnak a törvények. A forrásfoglalások esetében az is fontos, hogy a vízbefogó műtárgy meg tudja akadályozni, hogy a forrás a befogómű mellett a földfelszínre törjön, és onnan esetleg szennyeződve ismét visszaszivároghon. [38]

### **3.2.3.3. A lehetséges víziközművek**

A 21/2002. (IV. 25.) KöViM rendelet a víziközművek üzemeltetéséről szerint a vízkezelő művek fogalma alá tartozik minden közüzemi ivóvíz-szolgáltató és szennyvízelvezető, -tisztító mű, részletesebben:

*„b) víziközmű: ba) egy vagy több település közműves vízellátását (a víztermelést, az ehhez kapcsolódó vízbázisvédelmet, a vízkezelést, a tárolást, a vízszállítást, a vízelosztást) szolgáló, bb) a közműves szennyvízelvezetést, illetve -tisztítást szolgáló, egységes rendszert alkotó (szennyvizek összegyűjtését, elvezetését, tisztítását, a tisztított szennyvizek és szennyvíziszapok továbbvezetését, elhelyezését szolgáló műtárgyak összessége és azok kiegészítői, így például berendezései, tartozékai) műszaki létesítmény;*

*c) vízmű: a település közműves ivóvízellátását szolgáló víztermelő, vízkezelő, -tároló, -elosztó létesítmények és berendezések összessége;*

*d) szennyvízelvezető, szennyvíztisztító mű: a település házi, közintézményi, ipari és mezőgazdasági szennyvizeinek, továbbá egyesített rendszer esetén a csapadékvíz (a továbbiakban együtt: szennyvíz) összegyűjtésére, elvezetésére és tisztítására szolgáló létesítmény és azok tartozékai (szennyvízelvezető hálózat, átemelők és szennyvíztisztító telepek/művek, a tisztított szennyvíz és szennyvíziszap elvezetését, elhelyezését szolgáló műtárgyak, valamint berendezések, elzáró szerkezetek, torkolati művek);...” [116]*

Tehát a rendelet értelmében a nevezett pontok alá eső műveket lehet egyáltalán figyelembe venni a tényleges kijelölési folyamat során, amelyeknek aztán a már előzőekben bemutatott kijelölési rendelet számszerűsített horizontális kritériumainak is meg kell felelniük. Véleményem szerint azonban az itt nevesített, egyáltalán szóba jöhető létesítmények egyszerűen elégségesek ahhoz, hogy a tényleges védelmi funkciót betöltsék.

### **3.3. A végrehajtási rendelet fogalmi értelmezéseinek problémái**

Ebben az alfejezetben kívánok rávilágítani arra a tényre, ami miatt az azonosítást célzó rendelet nem tudja teljes mértékben betölteni a célzott védelmi funkcióját. Az 541/2013. kormányrendelet 2. § -a szerint

*„(1) Ivóvíz-szolgáltatás területén nemzeti létfontosságú szerelemként kell azonosítani*

*a) a felszíni vízbázisra telepített víztisztító művet, ...;*

*b) az ivóvíztároló medencét, ... .*

(2) Szennyvízelvezetés és -tisztítás területén nemzeti létfontosságú rendszerelemként kell azonosítani azt a szennyvíztisztító telepet, ....

(3) Vízkárelhárítás területén nemzeti létfontosságú rendszerelemként kell azonosítani

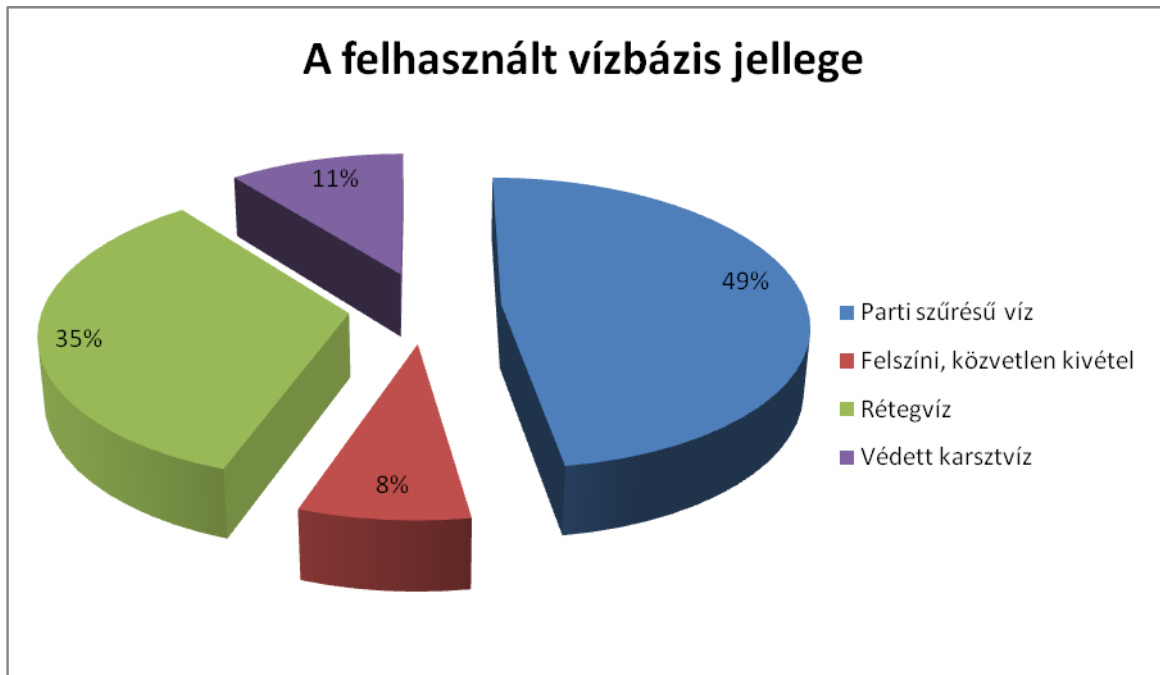
a) az egyes kiemelt jelentőségű vízellátási létesítmények rendszeres műszaki megfigyeléséről szóló miniszteri rendeletben meghatározott vízellátási létesítményt, ...;

b) az elsőrendű árvízvédelmi vízellátási létesítményt, ... .” [117]

Ahogy a jogszabályból fentebb kiragadott meghatározás szövege is mutatja, a védelemre kijelölhető rendszerelemeknek van egy komoly hiányossága, mégpedig az, hogy védenek mindennemű vízkivételi pontot, víztározót – természetesen a hozzájuk tartozó horizontális kritériumok teljesülése esetén – , illetve árvízvédelmi létesítményt, azonban sehol nem kerülnek védelemre, de még csak említésre sem a vízbázisok. Ahogy dolgozatom első fejezetében bemutatásra került, **vízbázis**nak [33] nevezünk minden vízkivételi művek által hasznosításra igénybe vett, illetve arra kijelölt területet vagy felszín alatti térrészt és az onnan kitermelhető vízkészletet. Vízbázison tágabb értelemben nem csak a kitermelendő vizet, hanem a vizet magába foglaló képződmény felszín alatti térrészt vagy a felszínen húzódó területét; az ebben tárolt vízkészletet; a víz kitermelésére szolgáló működő vagy tervezett berendezéseket is értjük. Amennyiben a kijelölési rendelet fogalomrendszerét figyelembe vesszük, több hiányosságot is felfedezhetünk benne. Mert amíg a vízbázis fogalma tartalmazza a vízkivételi műveket, vízi létesítményeket, víztározó medencéket, addig ez fordítva már nem igaz. Az első és második fejezetekben részletesen bemutatásra kerültek mindazon természeti vagy antropogén eredetű, valamint havária események, amelyek elszennyezhetik vízbázisainkat, ráadásul rámutattam, hogy nem egy esetben nem csak véletlen hatásra vagy baleset következtében, hanem éppen szándékos károkozás, illetve szabotázs miatt, és relatíve könnyen, mindennemű szakismeret nélkül is bekövetkeztek ezek a szennyez(őd)ések. Tehát azáltal, hogy a vízbázisok védelmére egyáltalán nem is kerül sor, hiába védik meg a vízkivételi műveket, ha alattuk, vagy még a víz kitermelése előtt már elszennyeződik egy vízbázis.

A másik problémás terület, hogy a 2.§. (1) szerint azon víztisztító műveket lehet egyáltalán védelemre kijelölni, amelyek felszíni vízbázisokra telepedtek. Mindeközben a háztartásokba kerülő ivóvíznek még csak az egy tizede sem származik felszíni vízbázisokból, ahogy azt az 26. ábra mutatja – jóllehet a parti szűrésű vizekre telepített vízkivételi mű felszíni technológiának számít, a vízbázis maga nem az.





26. ábra: Ivóvíz előállításra használt vízforrás jellege Magyarországon<sup>58</sup>, Forrás: az Ivóvíz kiskaté adataira alapozva [118] saját készítés

### 3.4. A végrehajtási rendelet horizontális kritériumainak való megfelelés hiányosságai

Amennyiben a vízágazatot érintő létfontosságú rendszerlemek kijelölésével kapcsolatos végrehajtási 541/2013. kormányrendeletet, és annak határérték-adatait nézzük, a felszíni vízbázisra telepített víztisztító művek esetében akkor kell létfontosságú rendszerlemként azonosítani egy víztisztító művet, ha annak a vízjogi üzemeltetési engedélyben rögzített kapacitása meghaladja a 40.000 m<sup>3</sup>/nap szolgáltatott ivóvízmenyiséget; és az ivóvíztároló medencéket tekintve, ha annak a névleges tárolókapacitása meghaladja az 50.000 m<sup>3</sup> értéket. [117]

Ezzel szemben, ha megnézzük az egyes víztisztító művek kapacitásadatait, amelyeket azok nyilvánosan megadnak honlapjaikon, látható, hogy egyiké sem éri el azt a kapacitásmennyiséget, amely alapján azt nemzeti szinten létfontosságú rendszerlemmé lehetne kijelölni. Ugyanakkor sérülékenységük a már korábban ismertettek alapján igen nagy, akár viszonylag igen kis kapacitású víztároló medence elszennyezésével is komoly károkat lehet okozni. Az egyes vízművek honlapjain található adatok közül néhányat kiragadva láthatjuk, hogy egyik sem éri el a fent nevezett kapacitási

<sup>58</sup> Egyes források más számarányokkal dolgoznak. Pl. MAVÍZ: 35 % felszín alatti, 35 % parti szűrésű, 25 % karsztvíz, 5 % felszíni víz.

mennyiséget. A Kelet-Borsodi Divízió 30.000 m<sup>3</sup>/nap, Fót és térsége 6.000 m<sup>3</sup>/nap, Észak-Szabolcsi Vízmű 7.000 m<sup>3</sup>/nap, Mátrai Szolgáltató Divízió 5.700 m<sup>3</sup>/nap. Amennyiben a vértessomlói esetet nézzük, a három községet, Vértessomlót, Várgesztest és Vértestolnát, valamint azok 6-7.000 lakosát ellátó, elszennyezett víztározó medence mindösszesen 150 m<sup>3</sup>-s volt. [119] Amennyiben pusztán matematikai oldalról közelítjük meg a problémát, és felállítunk bizonyos arányszámokat, láthatjuk, hogy egy kb. 10.000 m<sup>3</sup> kapacitást elérő víztározó medencének elszennyezésével vagy kiiktatásával akár félmillió embert is érintetté tehetnek, ugyanakkor még a 20 %-át sem érték el a kijelölési rendeletben foglalt határértéknek, azaz az 50.000 m<sup>3</sup> névleges kapacitásnak. (Csak összehasonlításként, a Gellérthegyi Grúber József víztározóban két különálló medence van, amelyek kapacitása egyenként 40.000 m<sup>3</sup> .) [120]

Kutatásaim kezdetén, már egy 2014-ben megrendezett doktoranduszok kutatásait bemutató konferencián is felhívtam a figyelmet az akkor „frissen” megalkotott, a kritikus infrastruktúra-elemek kijelölését célzó rendelet egyes hiányosságaira. A törvényalkotók a szakemberekkel karöltve már önmaguk is feltérképezték, hogy a jogszabály a korábbi formájában nem állja meg a helyét. A rendelet visszasságait a szakma is felismerte, és az Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság Iparbiztonsági szakembereitől kérték a rendelet módosítására vonatkozó javaslatokat. Miközben kutatásaim ezen a területen folytak, a jogszabályalkotók is megtették az adott irányba a szükséges lépéseket. Véleményem szerint a felismert probléma, mint első lépés, kifejezetten kívánatos, azonban azt gondolom, bár helyes irányban indultak el, hiszen lejjebb vitték a határértékeket, kisebb kapacitásmennyiségeket írtak elő, azonban a problémát csak részarányában oldották meg, az azonban még mindig fennáll.

2017. január 1-jétől hatályos az 541/2013. Kormányrendelet módosított változata. Ez kimondja, hogy:

*„Az ivóvíz-szolgáltatás területén nemzeti létfontosságú rendszerelemként kell azonosítani*

*a) a felszíni ivóvízbázisként üzemeltetett tározót 2,5 millió m<sup>3</sup> összes tározó térfogat felett, a felszíni és felszín alatti vízbázisra telepített víztisztító művet, ha a vízjogi üzemeltetési engedélyben rögzített kapacitása meghaladja a 25.000 m<sup>3</sup>/nap szolgáltatott ivóvízmennyiséget;*

*b) az ivóvíztároló medencét, ha térfogata meghaladja a 25.000 m<sup>3</sup> értéket.*

*(2) A szennyvízelvezetés és -tisztítás területén nemzeti létfontosságú rendszerelemként kell azonosítani azt a szennyvíztisztító telepet, amelynek kapacitása meghaladja a*

*250.000 lakosegyenérték szennyezőanyag-terhelést, és működésképtelenné válása a felszíni víz jelentősen kedvezőtlen állapotát eredményezi.” [117]*

Már a víztisztító művek esetében belevették a fogalomkörbe a felszín alatti vízbázisra telepített víztisztító műveket, azonban annak a kapacitásértéke még mindig olyan maga, amelynek szinte egyetlen hazai vízmű sem felel meg. Ahogy a védelemre eddig kijelölésre került elemek listáját sem tartom elégségesnek. A Katasztrófavédelmi Főigazgatóság tájékoztatása alapján a kijelölési rendelet módosításával párhuzamosan összeállításra került azon művek listája, amelyek nemzeti szintű védelem alá kerülnek. Dolgozatom lezárásáig a listán 25 műtárgy szerepel, amelyek közül egyet leszámítva, az összes valamely árvízi védekezésre szolgáló védmű, nincs közöttük egyetlen víztisztító, vagy akár víztározó sem.

### **3.5. Részkövetkeztetések**

Bár Magyarország világ és európai viszonylatban is gazdag jó minőségű felszín alatti vizekben, annak ismeretében, hogy mekkora is azon vízbázisok mennyisége, amelyeken a szomszédos országokkal osztozunk, a fenntarthatóan kitermelhető vízmennyiség meghatározására, és a vízgazdálkodás ehhez való igazítására van szükség. Mivel még a klímaszkeptikus forgatókönyvek is felismerték, hogy a felszín alatti vízkészletek csökkenése várható, s még akkor is, ha hazánkban jelentős távlati vízbázis-tartalékaik vannak, a nemzeti vízgazdálkodási stratégiát úgy kell kialakítani, hogy ezek a távlati bázisok meg is maradjanak. A bemutatott jogszabályi háttér, illetve a tény ismeretében, miszerint a VKI ajánlásai alapján 2015-re el kellett volna érni mind mennyiségi, mind minőségi szempontból a „jó” állapotot, és ami az eddig adatok alapján csak 65 %-ban valósult meg csak, véleményem szerint a hidrológusainktól – is – egy, az eddiginél jóval ökológiaibb szemléletmódú hozzáállás igényeltetik.

A vizek osztályozásával és az ivóvíz minősítésével foglalkozó jogszabályi háttér bemutatása után, ezen szabályzókból kiemelve az egyes szennyezőanyagokat érintő előírásokat, illetve egyes, a vízminősítésre vonatkozó példák részletezésével bizonyítottam, hogy a rendeletek mind megfogalmazásukban, mind számszerűsítetten közzétett adataikban nem felelnek meg céljuknak. A jogszabályok által tartalmazott egyes, elviekben az értelmezést segítő megfogalmazások pontatlanok, több helyen is szakmaiatlanok, vagy túlon túl általánosítanak, bizonyos anyagokat nem determinálnak részletesen. Problémát jelent az is, hogy például a jogszabályok nem egy esetben az angolszász fogalomrendszer-megközelítést használják például szénhidrogének esetében,

ami által tovább szűkítik a vizsgálandó anyagok körét. Rávilágítottam továbbá arra, hogy nem egy esetben nincs szabvány az egyes szennyezőanyagok mérésének analitikai módszereire vonatkozóan, ugyanakkor a hatályban lévő határérték rendelet viszont előírja azon anyagok kötelező bevizsgálását is. Így aztán a jogszabályi háttérre támaszkodó auditált laborok számára ezért nem is egyértelmű, mit és mi alapján kell vizsgálniuk, és ezért is lehet eltérés szinte az összes labor mérési módszerei között. Nem mellesleg ugyanezért történhet meg például az is, hogy a minősítésre szakosodott intézmények az akkreditálási folyamaton „nehézségek” nélkül átjutnak.

Rávilágítottam arra, hogy a vízminősítő eljárások sokszor elavultak, idejétmúltak, vagy egyszerűen nem állják meg a helyüket. Ha egy minősítő laborvizsgálatot végző akkreditált intézmény a vizsgálati módszerei között visszavont szabványra hivatkozik, még laikus szemlélő számára is joggal felmerülhet a kérdés, mégis milyen vizsgálatot és mi alapján végeznek, mit minősítenek adott szennyezőanyag tekintetében? Vagy mégis tovább használják az adott, visszavont szabvány előírásait? De vajon miért került az adott szabvány visszavonásra? Mert ha nem felelt meg a módszer az adott szennyezőanyag bevizsgálására, akkor az eredményeit miért kell elfogadni?

A fenti tényeket összegezve kijelentem, hogy az Európai Unió gyakorlatban működő referencialaborokat Magyarországon is be kellene vezetni. Ahogy a NÉBIH működtet jó néhány egyéb területen (élelmiszerbiztonság, növénytermesztés, állategészségügy, stb.) központi referencialaborokat, úgy ezeknek a létrehozása az ivóvíz minősítésére előnyösebb lehetne hazánkban is, mint az ilyen típusú jogszabályi háttérrel rendelkező vízminősítési eljárás mód. Alternatívát jelenthet a referencialaborok mellett/helyett egy központi labor kialakítása. Amennyiben mégis megmarad az akkreditált intézményi felépítés elégségessége, akkor például általános online monitoring felülvizsgálati rendszer kifejlesztése szükséges. Az ilyen monitoring rendszerrel megoldható lenne mind a vizsgálati-módszertani folyamatok, mind pedig a vizsgálati műszerek felügyelete.

Az egyéb szakterületekkel – élelmiszer- és táplálkozástudomány – kapcsolatos szorosabb együttműködés igénye is felmerül. Hiszen a lakosság élelmiszerfogyasztási adatai, a bevitt táplálékok és azok mennyisége, valamint az azokban található növényvédőszer- és peszticidmaradványok típusa és értéke támpontot adhat a vizsgálandó peszticidek körének szűkítéséhez.

A túl sok komponens mérésének elkerülésére megoldást jelenthetnének egyes anyagtipusok esetében az interkalibrációs vizsgálatok is, amelyeknél bizonyos

szennyezőkre, szennyezőanyag-csoportokra például egy referenciaidőszak statisztikai adatai alapján a leggyakrabban előforduló elem középértékeit vennék támpontnak.

Meghatároztam, hogy a létfontosságú rendszerelemek kijelölésével kapcsolatos jelenleg hatályos jogszabályban leírt tartalmi és mennyiségi követelmények nem megfelelőek a biztonságos, minőségileg is megfelelő ivóvízkészletek védelméhez. Korábbi fejezetben áttekintve a felszín alatti vízbázisokat fenyegető elemeket, rámutattam azok sérülékenységre, támadhatóságára. A létfontosságú rendszerelemek, és azon belül is a vízbázisaink védelmével kapcsolatos jelenlegi és jövőbeli feladatok meghatározásánál figyelembe kell venni, hogy mennyire érzékenyek ezek, hogy egyes elemei könnyen támadhatóak, a közhasználat miatt nehezen védhetőek, egynémelyük kiiktatása – ha csak időlegesen is – nem igényel sem különösebb szakértelmet, sem szervezést. Az egyik legsérülékenyebb rendszerelemünk védelmére tulajdonképpen nincsen jogszabályi kötelezettség, a vízbázisok védelme nagyobb eséllyel kimarad az egyes vészforgatókönyvek tervezésekor, miközben ezeket az egyik legkönnyebb manipulálni, illetve pánikkeltésre felhasználni. Egyes víztározók szándékos elszennyezéséhez, a víz megmérgezéséhez vagy elfertőzéséhez, esetleg ihatatlanná tételéhez nem kell különösebb szakértelem, ahogy a korábbi szennyezések

Bár a törvényalkotók is felismerték, hogy a kijelölési rendelet az adott formájában nem állja meg a helyét, sem tartalmilag, sem a benne foglalt, számszerűsített horizontális kritériumok tekintetében, ugyanakkor a javasolt változtatások még mindig nem elégségesek. Megállapítottam, hogy a rendszerelemek kijelölést célzó 541/2013. Korm. rendelet még a horizontális kritériumok megváltoztatása után sem tudja betölteni funkcióját, amely ezáltal kihat az ivóvízbiztonságra is. Olyan jogszabályi hézagokat is feltártam, amelyek meglétét már részben felismerték a szakemberek, ugyanakkor az általuk felkínált megoldás nem, vagy csak részleges javulást kínál ezen a területen. Ezért kívánatos a horizontális kritériumok további felülvizsgálata, a meglévő létesítmények kapacitási adatai alapján való esetleges módosítása, csökkentése – természetesen a vízbázisokat körülvevő védőövezetek figyelembe vételével.

#### **4. A SZENNYEZETT VIZEK KEZELÉSE, TISZTÍTÁSA, A VÍZMINŐSÉGI KÁRELHÁRÍTÁS**

A modern életmód, a globális felmelegedés és az éghajlatváltozás mind szerepet játszanak a vízgazdálkodás alakulásában. A negatív tendenciák kedvezőtlen hatással vannak a vizeink mennyiségére és minőségére egyaránt. A vízminőség védelme magába foglalja mind a műszaki, mind a gazdasági és jogi beavatkozásokat, amelyeket a megfelelő vízminőség érdekében alkalmaznak. Ide sorolandóak azok a beavatkozások, amelyek a vízminőség megtartását, a szennyezések elleni védekezést, valamint a vízminőségi kárelhárítást célozzák. Ezek között megtalálunk olyan módszereket, amelyek a vizek folyamatos tisztítását szolgálják, mind ivóvíz célra, mind pedig a szennyvizek tisztítását, de ide sorolandók az ipari vizek tisztítási módszerei is, vagy az egyes havária szennyezések során kialakult károk elhárításának vagy csökkentésének módszerei, amelyeket használunk a felszín alatti vizek minőségének és fenntarthatóságának érdekében.

Hazánkban szervezett vízminőség-védelmi tevékenységről az 1960-as évek óta beszélhetünk. A vízminőség-védelmi feladatok részét képezi a vízminőségi kárelhárítás, ami több fázisból áll [121]:

- a védekezésre való felkészülésből, a rendkívüli szennyezések megelőzéséből
- a rendkívüli szennyezések észleléséből, felderítéséből és minősítéséből,
- a kárelhárítás műveleti végrehajtásából, valamint a szennyezés megszüntetését követő intézkedésekből.

Magyarország tranzit szerepe is hozzájárul ahhoz, hogy rendkívüli szennyezésre kerüljön sor a közutakon műszaki hiba, gondatlanság vagy baleset miatt. Földrajzi és geopolitikai elhelyezkedésünkől kifolyólag is különlegesen kedvezőtlen helyzetben vagyunk. A társadalmi-gazdasági átalakulás a volt keleti blokk utódállamaiban sem feltétlenül volt jó hatással a környezetvédelemre (törekedés a gyors hasznosításra, távoli országokból érkező befektetők, akik nem tartják be, illetve akikkel nem tartatják be a környezetvédelmi előírásokat, csak hogy befektetőként megszerezhessék őket; és akiktől károkozás esetében sem lehet behajtani a kárelhárítás költségeit – ld. ausztrál befektető és a tiszai ciánszennyezés). Hazánk Unió csatlakozásával a vízminőség-védelem, a vízminőségi kárelhárítás fő irányvonalai, a feladatok részletes szabályozása a közösségi normákhoz kapcsolódóan is megtörtént. A megváltozott feltételek, illetve szabályok további segítséget nyújtanak a magyar vízminőségi kárelhárítási

szakembereknek a rendkívüli szennyezések megelőzésében, észlelésében, nyomon követésében, minősítésében és elhárításában egyaránt.

Rendkívüli (vagy váratlan) vízszennyezésnek nevezzük a felszíni és felszín alatti vizek minőségi állapotát, öntisztulási képességét, valamint a felhasználásra való alkalmasságát alapvetően veszélyeztető vagy jelentős mértékben korlátozó emissziókat. Ezek a szennyezések a potenciális szennyezőforrások műszaki hibája vagy gondatlan kezelése, baleseti vagy természeti okokból következhetnek be. Ha a szennyezés váratlanul, hirtelen valamely baleset, műszaki meghibásodás, mulasztás hatására helyi jelentőséggel, erőteljesen következik be, akkor havária szennyezésről beszélünk [5]. Az ez elleni védekezés magában foglalja mind a szükséges megelőző védekezési intézkedéseket, mind a már szennyezett víz által esetlegesen okozható további káresetek megakadályozását. Ezért a vízminőségi kárelhárítás fogalma alá három fő tevékenységi csoportot sorolhatunk:

- a rendkívüli szennyezések megelőzése;
- a káros szennyező anyagok eltávolítása a vizekből, amely által a vízminőség javulása is elérhető;
- a szennyezett vizek által okozott kár elhárítása, illetve a következmények csökkentése.

Jóllehet manapság a potenciális vízszennyező forrásként számításba vehető üzemek, intézmények, telephelyek már az engedélyezési eljárásnál meg kell, hogy oldják a belső technológiai és üzemi szabályozásuk során mindazon feladatokat, amelyek a tevékenységből fakadó vízgazdálkodási problémák megelőzését célozzák (például egy vágóhid vagy húsfeldolgozó üzemből származó víz nem számít veszélyes hulladéknak, viszonylag egyszerű szűrő- és zsírfogó rendszeren való átvezetés után bevezethető a települési szennyvízhálózatba), a katasztrófavédelem sokéves tapasztalata azt mutatja, hogy a legnagyobb erőfeszítések árán sem lehet mindig megelőzni a rendkívüli vízszennyezéseket, ezért a vízminőségi károk elhárítására, illetve csökkentésére fel kell készülni.

A felszíni vizek szennyeződésekor a vízfolyások szennyeződése szerencsésebb. A lassú mozgású vagy állóvizek esetében sokszor a negatív hatás nem azonnal jelentkezik, hisz a szennyezés hatására megnövekedhet a vizek oldott só- és szervesanyag-tartalma, elindulhat az eutrofizáció, vagy a szennyezések az iszapba kiülepedve okozhatnak kárt. Ilyenkor a vízminőségi kárelhárítás kettős feladattal rendelkezik. Fel kell számolni a bekövetkezett káreseményt, illetve meg kell előzni a vízi ökoszisztéma károsodását.

A már említett 219/2004. Kormányrendelet szerint a kármentesítés fogalma magában foglal minden olyan helyreállítási intézkedést, amely „a felszín alatti víz és földtani közeg károsodásának enyhítésére, az eredeti állapot vagy ahhoz közeli állapot helyreállítására, valamint a felszín alatti víz által nyújtott szolgáltatás helyreállítására vagy azzal egyenértékű szolgáltatás biztosítására irányul, így különösen az a műszaki, gazdasági és igazgatási tevékenység, amely a veszélyeztetett, szennyezett, károsodott felszín alatti víz, illetőleg földtani közeg megismerése, illetőleg a szennyezettség, károsodás és a kockázat mértékének csökkentése, megszüntetése, továbbá monitorozása érdekében szükséges.” [122]

A kárelhárítás módszerének megválasztásakor általában abból indulnak ki, hogy a szennyezett terület talajában, és ezáltal az ottani vízbázisban található szennyező anyagok mértéke eléri-e a 6/2009. (IV.14.) KvVM-EüM-FVM együttes rendelete által meghatározott (B)<sup>59</sup> szennyezettségi értéket<sup>60</sup>. A kárelhárítás során nem a teljes kárfelszámolás, illetve a szennyezőanyagok teljes eltávolítása a cél, hanem az, hogy a műszaki beavatkozások következtében az egyes szennyező anyagok mértéke a (B) értéknél a (D)<sup>61</sup> határérték alá csökkenjen.

#### **4.1. Folyamatos tisztítás – ivóvíz, szennyvíz**

Magyarországon a vízdíjak emelkedésével, illetve részben a környezettudatosabb viselkedéssel a vízhasználat csökkent az utóbbi években. A 2011-es adatok szerint ez átlagosan 100-110 liter/fő/nap körüli Magyarországon, de az egyes területek között jelentős eltérés van [118]. Emiatt az általános, használati szennyvíz is sokkal sűrűbb lett, a tisztítási folyamat első lépéseihez tartozó mechanikai tisztítási lépések nehezebbé váltak, a gépek gyakoribb szervizelésére van szükség.

<sup>59</sup>(B) szennyezettségi határérték: jogszabályban, illetve ennek hiányában hatósági határozatban meghatározott olyan szennyezőanyag-koncentráció, illetve egyéb minőségi állapotjellemzők olyan szintje a felszín alatti vízben, a földtani közegben, amelynek bekövetkeztekor a földtani közeg, a felszín alatti víz szennyezettnek minősül, figyelembe véve a felszín alatti víznél az ivóvízminőség és a vízi ökoszisztémák, továbbá a felszín alatti víztől függő szárazföldi ökoszisztémák igényeit, földtani közeg esetében pedig a talajok többes rendeltetését és a felszín alatti vizek szennyezéssel szembeni érzékenységét [122-3§. 3.]

<sup>60</sup> A felszín alatti vizekre vonatkozó határértékeket a rendelet 2. Sz. melléklete tartalmazza.

<sup>61</sup>(D) kármentesítési célállapot határérték: hatósági határozatban előírt koncentráció, amit a kármentesítés eredményeként kell elérni az emberi egészség és az ökoszisztéma, illetve a környezeti elemek károsodásának megelőzése érdekében; meghatározása a kármentesítési eljárás keretében végzett komplex értékelésen, a szennyező anyagnak a környezeti elemek közötti megoszlására, viselkedésére, terjedésére vonatkozó méréseken, modellszámításokon, kármentesítési mennyiségi kockázatfelmérésen alapul a területhasználat figyelembevételével [122 - 3§. 4.]



A szennyvíztisztítás folyamata mind a környezetvédelmi tevékenység, mind a víz minőségvédelmének alapvető eleme. A folyamat bemutatásához először is néhány alapfogalom tisztázására van szükség. A szennyvizek között megkülönböztetünk házi és ipari szennyvizet. A házi szennyvizeket két alcsoportra oszthatjuk [5] :

**Barna szennyvíz:** A lakosság ivó- és háztartási célú vízhasználatából keletkező, más eredetű szennyvízzel nem keveredett szennyvíz, amely konyhai, fürdőszobai, WC használatból, mosásból és takarításból keletkezik. A keletkező szennyvíz mennyisége egy fürdőszobával, angol WC-vel ellátott, automata mosógéppel felszerelt, 4 fős háztartásra vonatkoztatva, 140 l/ nap/fő vízfogyasztás esetén 0,56 m<sup>3</sup>/ nap.

**Szürke szennyvíz:** Eredete és összetétele szerint abban különbözik a házi szennyvíztől, hogy nem tartalmazza a víz-öblítéses WC használatból keletkező ún. fekáliás szennyvizet. Szürke víz akkor keletkezik, ha a lakásban nincs víz-öblítéses angol WC, vagy komposzt WC került beépítésre. A keletkező szennyvíz mennyisége egy automata mosógéppel, bio-toalett-tel felszerelt, 4 fős háztartásra vonatkoztatva 0,38 m<sup>3</sup>/nap.

A szennyvízelhelyezés két módon történik: vagy élővizekbe (pl. Budapesten a Dunába) vagy a talajba juttatják őket. Ezen közegek önmagukban képesek az öntisztításra, ugyanakkor napjainkban olyan mennyiségű és „minőségű” szennyvíz termelődik és kerül kihelyezésre, amely megkívánja, hogy a természetbe való visszajuttatás előtt azt megtisztítsák. Ehhez a tisztításhoz van szükség a szennyvíztisztító telepekre (például az általam is meglátogatott Délpesti Szennyvíztisztító Telepre<sup>62</sup> is).

A városi szennyvizek tisztítása két fő szakaszból, a mechanikai és biológiai tisztításból, valamint egy harmadik, utókezelésből áll. [92]

#### **4.1.1. A mechanikai (primer) szennyvíztisztítás módszerei [5]**

- Kő és kavicsfogók, szennyvízrácsok, szűrők és aprító szűrők, amelyek a nagyméretű úszó és lebegő szilárd anyagokat távolítják el szűrőhatás és aprítás révén.
- Dobrácsok, homok- és zsírfogók, amelyek kisméretű ásványi anyagok gravitációs esetleg centrifugális elven történő eltávolítását oldják meg.
- Ülepítő medencék, amelyek a finom frakciójú szerves, illetve ülepíthető szerves anyagokat leválasztják, amelyek nyersiszapként további feldolgozásra kerülnek.

<sup>62</sup>1238 Budapest, Meddóhányó u.1.

- Hidrociklonok, amelyek kisméretű úszó és lebegő szilárd anyagokat centrifugális erőhatás, illetve kisebb mértékben gravitációs erő hatására távolítják el.
- Úsztató berendezések, flotációs medencék, sűrítők és oldó medencék, ahol a kisméretű úszó és folyékony, esetleg szilárd anyagok eltávolítását általában gravitációs erő hatására vagy flotációval, illetve sűrítéssel oldják meg.

#### **4.1.2.A biológiai (szekunder) szennyvíztisztítás**

A biológiai szennyvíztisztítás a mikroorganizmusokban lejátszódó biokémiai reakciókon alapul. A mechanikai tisztítás után a második lépésben a még magas szerves és lebegőanyag tartalmú szennyvizet mesterséges vagy természetes biológia folyamatok révén tisztítják tovább. Ez a folyamat az élővizekben és a talajban lejátszódó tisztításhoz hasonlít. Három biológiai rendszert különböztetünk meg [5] :

- A diszperz<sup>63</sup> rendszerben az élőlények vízben szuszpendáltak (pl. levegőztetett szennyvíztó), általában többtavas kialakítású. A tó-egységek a funkcionális helyüknek megfelelően az I., a II. vagy a III. tisztítási fokozat szerepét töltik be.
- A pelyhes rendszerben a mikrobák pelyhes szerkezetű közegben, az ún. iszapban helyezkednek el, és az iszap-szennyvíz rendszert levegőztetik (pl. aktivált iszapos medence). A vízben oldott szerves anyagok tápanyagul szolgálnak a lebontást végző baktériumok, gombák számára, amelyek intenzív oxigén bevitel mellett végzik a szennyeződések lebontását. Tulajdonképpen a lebontást végző baktérium- és gombatömeg alkotja az eleveniszapot. Az iszapnak az ülepíthető, fölös része az iszapkezelés során kerül feldolgozásra.
- A hártával benőtt rendszerben a mikroorganizmusok nyálkás hártában élőbevonatként szilárd felületre települnek, és a lyukacsos aljzaton átcsörgedező szennyvízből táplálkoznak (pl. csepegtetőtest). A csepegtetőtestekben nagy fajlagos felületű anyagokkal (salak, bazalttufa, műanyagok) henger alakú műtárgyakat töltenek meg, és a szennyvizet a tölteten csörgedeztetik. A töltet felületén a mikroorganizmusok telepeiből kocsonyás állagú hártás rendszer, az ún. biológiai hártya képződik, amelynek felületén adszorbeálódnak, majd lebomlanak az oldott és kolloid szerves anyagok.

<sup>63</sup> Egymástól viszonylag független részecskékből áll

### 4.1.3.A harmadlagos (tercier) szennyvíztisztítás<sup>64</sup>

Az utókezelés feladata a vegyi anyagok lebontása, a mikroszennyezők eltávolítása, amely szintén több eljárásból állhat<sup>65</sup>. A mikroszennyező anyagok megkötése aktív szénrel történik, míg a gázok eltávolítására az intenzív kilevegőztetés alkalmas. A sótartalmat ioncserélőkkel, desztillációval, fordított ozmózissal, elektro dialízissel lehet csökkenteni. Ez utóbbi kettő a membrános elválasztó eljárások közé tartozik<sup>66</sup>.

Az alábbi 27. számú ábra egy konkrét szennyvíztisztító telepen mutatja be az egyes tisztítási fázisok helyeit, számozva felsorolva alatta, mely tisztítási fokozatok milyen berendezésekkel történnek.



<sup>64</sup> Bizonyos szakirodalmak, illetve az egyes szennyvízkezelő üzemek vegyi anyagok és mikroszennyezők tisztítását a szekunder-biológiai folyamatok alá sorolják, mások tercier folyamatként ismertetik őket.

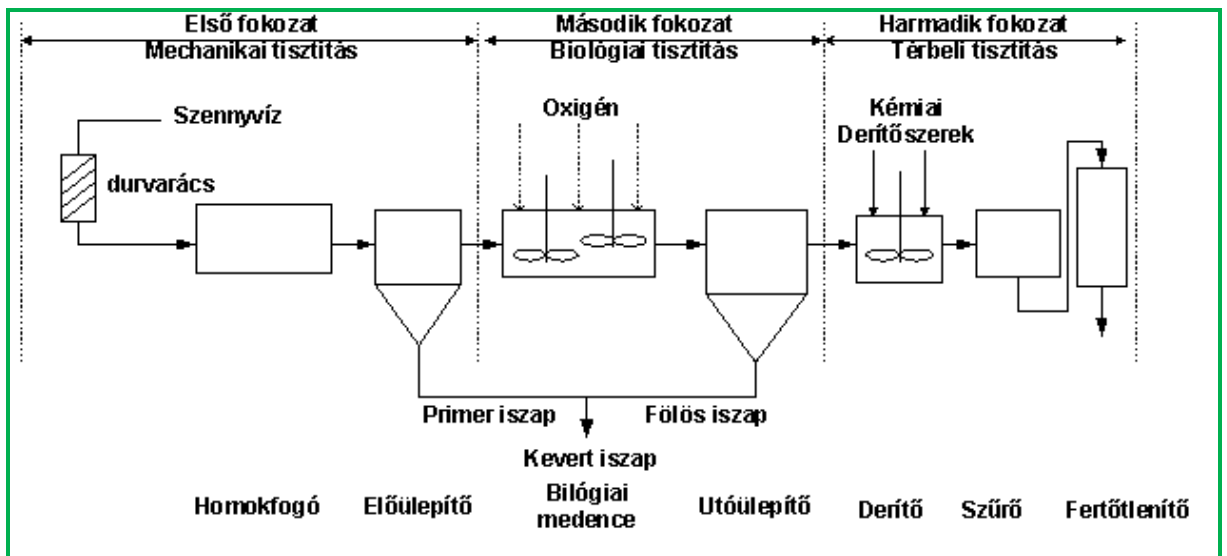
<sup>65</sup> A Dél-pesti Szennyvíztisztító Telep a denitrifikálást és a mikroszennyezők eltávolítását a biológiai tisztításhoz sorolja

<sup>66</sup> [5] illetve a Dél-pesti Szennyvíztisztító Telep látogatásakor szerzett információk

<b>Mechanikai tisztítás</b>		<b>Biológiai tisztítás</b>	
<b>1</b>	Kőfogó és osztó medence	<b>4</b>	A biológiai tisztítás első lépése üvegházakkal fedett eleveniszapos medencékkel, utóülepítővel
<b>2</b>	Előmechanikai tisztító – dobrácsok, homok- és zsírfogók, osztó-medence, biofilter	<b>5</b>	Nitrifikáló, denitrifikáló szűrők
<b>3</b>	Előülepítő medencék	<b>6</b>	UV-berendezés
	<b>7-14</b>		Iszap- és hulladékkezelő technológiai berendezések
	<b>15</b>		Technológiai hulladékátrakó
	<b>16-20</b>		Egyéb létesítmények

27. ábra: A Dél-pesti Szennyvíztisztító Telep felépítése, forrás: Dél-pesti Szennyvíztisztító, FCSM, Kulcsár Zoltán, a jelmagyarázat saját készítésű táblázat a teleplátogatás után

A 28. ábra pedig összefoglalóan bemutatja a fent részletesen leírt tisztítási folyamatot.



28. ábra: A szennyvíztisztítás általános folyamata. [123]

A kommunális szennyvizek esetében különösen fontos az ammónium, nitrit, nitrát, valamint a foszfor sóinak eltávolítása, amelyek mind növényi tápanyagként szolgálnak. Az algás tó a tápanyagok eltávolítását célozza, a koloid anyagok szűrésére homokágy szolgál. Emellett a foszfort vegyszeres kicsapással (pl. vasszulfát, alumínium-szulfát), az ammóniát pedig ioncserélővel vagy molekulaszitával is eltávolíthatják. Egyre nagyobb szerepet kapnak az olyan természet-közeli módszerek is, mint a mesterségesen

létrehozott vizes élőhelyek vízszintes és függőleges átfolyással, illetve a faültetvényes tisztítás. Az üvegházzal lefedett eleveniszapos medencékben az oldott szerves anyagot a mikroorganizmusok lebontják, oxigént felhasználva. Mindehhez olyan növényeket telepítenek nyílt vízfelszínre, melyeknek a gyökérzete 0,5-1,5 m mélyre nyúlik. Ezeket kiegészítik a medencékben elhelyezett mesterséges biofilmekkel<sup>67</sup>, amelyek együtt 2-3 ezer féle mikroorganizmusnak és egyéb magasabb rendű élőlénynek adnak életteret. (ld. 29. ábra). Az anoxikus térben a nitrát oxigéntartalmát hasznosítva történik meg az elő-denitrifikáció, majd a levegőztető részben légbefújással biztosítják a lebontáshoz szükséges oxigénmennyiséget. A lebontási folyamat során mikroorganizmusokban gazdag aktív iszap keletkezik, amelyet később tovább feldolgoznak.



29. ábra: Részlet a Dél-pesti Szennyvíztisztító egyik üvegházában kialakított komplex ökoszisztémából (fotó: Kulcsár Zoltán, Dél-pesti Szennyvíztisztító, FCSM)

A folyamat végén a megtisztított szennyvizet még átfuttatják egy UV-berendezésen, mielőtt kijuttatják a természetbe. Ugyanis meghatározott hullámhossz tartományban az ultraibolya sugárzás erős fertőtlenítő hatással bír. Az UV fényt a sejtek DNS-e nyeli el, miáltal a DNS-ben egyes bázispárok közötti kötések módosulnak. A fertőtlenítés szempontjából legjelentősebb a timin nukleotidok dimerizációja. A kialakult timin

<sup>67</sup> A biofilm olyan mikroorganizmusok közössége, amelyben a baktériumok az általuk kiválasztott polimer anyagokba beágyazódva élnek. [124, p.45]

dimerek ugyanis megakadályozzák a DNS-szál olvasását, ezáltal a DNS replikációja megakad, a sejtosztódás, és ezáltal a mikroorganizmusok szaporodása megáll. [124, p.23]

#### **4.2. Ipari vizek tisztítása**

Az ipari eredetű szennyvizek esetében a szennyező anyagok skálája igen szerteágazó, ennek okán a veszélyességük is széles spektrumú. Általában természetidegen, toxikus, az adott iparág sajátos veszélyes szennyezőanyagainak jelenléte jellemzi, amelyek biológiai lebontás során nem távoznak abból. A teljesség igénye nélkül ide sorolhatóak többek között a bőripar, cserzőipar, galvanizáló-ipar, gyógyszeripar és egészségügyi intézmények különleges kezelést igénylő szennyvizei. Mivel minden egyes ipari tevékenység más és más folyamatot foglal magában, és különböző szennyezőanyagok keletkeznek általuk – például a bőr- és cserzőiparban nehézfémekkel terhelt szennyvizek –, egységesen nem lehet jellemezni az ott történő tisztítási eljárást. Ezek megoldása mindig az adott üzem feladatai közé tartoznak, nem részletezem ezeket, de általában valamely, a 4.3.1-es fejezetben használatos kémiai és / vagy fizikai módszert használják fel hozzá.

Külön megemlítem az egészségügyi intézményeket, hiszen az onnan származó szennyvizek mellett, hogy számos természetidegen szennyező anyagot tartalmaznak, még fokozottan fertőzésveszélyesnek is számítanak. Ezek megtisztításához általában klórgázt vagy hipoklorit-oldatot használnak, és ezek után a pH-ját semlegesre állítják be, és így juttatják a befogadóba vagy a talajra. A hipoklorit egy igen agresszív, maró vegyület, amelynek használata komoly körütekintést igényel, koncentrációját megfelelően kell beállítani, hiszen egy túl alacsony koncentráció esetében a fertőző anyagok nem pusztulnak el és kikerülnek a környezetbe, a túl magas koncentráció esetében pedig a feleslegnek lesz káros hatása, és maga a hipoklorit, mint veszélyes anyag kerül ki a környezetbe.

#### **4.3. Egyszeri vagy havária szennyezések tisztítása**

A kármentesítési eljárás kiválasztásakor együttesen kell figyelembe venni a humán, a környezeti és környezetvédelmi kockázatokat. A legalkalmasabb módszer egy adott szennyezés mentesítésére számos tényezőtől függ. A szennyező anyag fizikai és kémiai tulajdonságai, a szennyezett közeg hidro-geológiai adottságai, hogy van-e a közelben

víz kivételi műtárgy, a mentesítést követő tervezett területhasználat, valamint hatósági és lakossági vélemények mind szerepet játszanak benne. [125]

Még az Európai Unióban is nagy szakadék tátong a jogszabályi szinten szabályozott tudományos elvek, és a gyakorlatban alkalmazható, piacon elérhető technikák között. Számos olyan kutatási projekt létezik, amelynek célja a döntéstámogató tevékenységek összehangolása a gyakorlati beavatkozásokkal, például adatbázisok létrehozásával. [126]

Létrehozták EU-s szinten az ún. EUGRIS portált, amely az európai szennyezett talajok és felszín alatt vizek kármentesítésének információs rendszere, amely azzal a céllal üzemel, hogy mind a talajokra, mind a felszín alatti vízbázisokra használható remediációs eljárásokat és információkat közzé tegyék, és hogy az adatbázist használókat a megfelelő forráshoz irányítsák. A portál információkat tartalmaz a jogszabályi háttérrel, a helyszíni jellemzőkről, kockázatértékelésről, technológiákról, a szennyezés társadalmi, gazdasági vonatkozásairól, stb. A kísérleti projektben 5 EU-s ország vesz részt, többek között hazánk is, de az eredményekhez az Unió minden országában hozzáférhetnek. [127]

Természetesen az alkalmas technológia megválasztásakor szerepet játszik a költséghatékonyság, de a fenntarthatóság elve is. Pont ez a fenntarthatósági tényező az, ami miatt az utóbbi időben a kármentesítés az egyes fizikai és kémiai módszerek felől egyre inkább eltolódik a biodegradációs módszerek irányába, azaz a remediáció<sup>68</sup> felé. A fizikai és kémiai tisztítás során sokszor a szennyező anyag nem szűnik meg létezni, csak annak térfogata csökken, valamint veszélyes hulladék és melléktermék is képződik, amelynek megsemmisítéséről szintén gondoskodni kell (pl. hazánk esetében a dorogi hulladékégetőbe kerül, ahol bár a mellékesen keletkező hőt hasznosítani tudják a távhőszolgáltatásban, korántsem járul hozzá fenntarthatósághoz). Jóllehet a fizikai és kémia technológiák hatékonysága, a szennyezés felszámolásának mértéke eléri a 95-98 %-ot, ráadásul a kivitelezés ideje is elég gyors, nem tekinthető költséghatékonynak. A biológiai tisztítási módszerek hátránya viszont, hogy csak bizonyos típusú szennyezőanyagok és szennyezési koncentrációk mellett alkalmazhatóak, és a környezeti állapot változása befolyásolhatja a folyamatot. Ugyanakkor jóval költséghatékonyabb eljárás, mint bármelyik másik. Sok esetben, mivel a (főleg nagy

<sup>68</sup> Gyógyítás, ártalmatlanítás, esetünkben a vegyi anyagokkal szennyezett környezeti elemek kockázatának elfogadható mértékűre csökkentése

kiterjedésű) szennyezett területek kármentesítésénél nem a célterület teljes mentesítése, csak a „D” határérték elérése a cél, előnyben kell részesíteni a biológiai, in situ megoldásokat. [5]

A szennyezések eltávolítása történhet helyben (in situ) és lokalizálás után kiemelve, eltávolítva (ex situ) is. Ez utóbbinak két típusa ismert, az on site és az off site. Az on site mentesítési folyamat alatt azt értjük, amikor a szennyezett környezeti közeget kiemelve kezelik, viszont a kitermelt talajt, vagy talajvizet a művelet helyszínén tisztítják meg. Ezzel szemben az ex situ, off site mentesítés abban tér el az eddigiektől, hogy a kitermelt közeg elszállításra kerül és azt a kitermelés helyszínétől távol mentesítik. Sokszor az in situ eljárások ex situ elemekkel együtt működnek. Az in situ eljárások többnyire helyspecifikusak, egyediek, amelyeket az érintett területek heterogenitása miatt nem egyszer módosítani kell a helyszíni adottságokra szabva. [125]

#### **4.3.1. Fizikai és kémiai módszerek**

Fizikai módszereknek tekinthetőek mindazok, melyek során a vízkészletekre károsan ható oldott szennyeződések úgy távolítják el, hogy a szennyezett vizet, vagy a vízben található szennyeződések valamely módon felduzzasztva és/vagy visszatározva lokalizálják és eltávolítják. A fizikai eljárásokat többnyire nem egyedien használják, sokszor valamely kémiai vagy esetleg biológiai elhárítási módszerrel együtt alkalmazzák. A kémiai módszerek elsődlegesen a vízben oldott anyagok eltávolítását, csökkentését célozzák meg kémiai reakciók segítségével. Ezen kémiai reakciók során például valamely reagens (savas/bázisos/a levegő oxigénje) hozzáadása által. Ezek a reagensek lépnek például redoxi reakcióba a szennyezés adott komponensével (komponenseivel), és valamely veszélytelen vagy kevésbé veszélyes terméket képeznek. A kémiai kezelés alatt többnyire a víz pH értékének az élettani szempontok szerinti határok közötti értékre való visszaállítását értjük a természetesen kissé lúgos, általában 7 és 8 közötti pH értékre. A savas szennyezők közömbösítése lúgos anyagokkal, például mésztej, szóda adagolásával történik a pH-érték növelése céljából, ezzel szemben a lúgos szennyezők közömbösítésére, a pH-érték csökkentésére savas anyagokat használnak. A mérgező gázok, mint ammónia és kénhidrogén esetében olyan egyéb vegyi anyagokat kell a vízhez adagolni, amelyeknél oldott gáz állapotban maradnak a vízben, ahonnan aztán levegőztetéssel eltávolíthatóak („kihajtás” – stripping, purging). Tehát a kémiai módszereket is gyakran kiegészítik fizikai beavatkozással. [5]



Az egyik legjellemzőbb fizikai-kémiai beavatkozás a **levegőztetés**, amelynek során a szennyezett víztömeget mesterséges beavatkozással oxigénben dúsítják. A műveletnek az a célja, hogy a biológiailag bontható szerves anyagokat, az elszíneződést okozó szennyezéseket, valamint a vízben oldott mérgező gázokat távolítsa el a szennyezett vízből. A víz oldott oxigéntartalma a következő módszerekkel növelhető: porlasztás, permetezés, csörgedeztetés, légbefúvás [5]. Gyakorlati megvalósítása nem mindig lehetséges, sokszor nem gazdaságos, a helyszíni adottságok nem mindig engedik. A levegőztetést megoldhatják például a helyszínen lévő műtárgyak (zsilip, duzzasztómű) felhasználásával, ami gyors és egyszerű megoldás, hiszen nem kell extra technikai eszközöket felvonultatni, hátránya viszont szintén ebből származik, mert helyhez kötött, s csak ott megvalósítható, ahol a műtárgy létezik. Hasonló funkciót tölthetnek be a bukógáták, amelyeknek az az előnye, hogy meglétük hiányában akár ideiglenesen is kiépíthetőek homokzsákból, kőből, farönkökből, etc. Mobil – és jól bevált – megoldást jelent a szivattyúzás vízszugárképzéssel, melynek során a kiáramoltatott, porlasztott víz nagy felületen képes oxigénnel dúsulni, és ezáltal lebontja az oxidálható szennyeződések. Léteznek mindezek mellett felületi levegőztető és légbefúvó berendezések is.

Úszó olajszennyezéseket el lehet távolítani vákuumos szabadfázis kitermeléssel, ötvözve a technológiát a bioventillációval. A bioventilláció elősegíti a szénhidrogének aerob lebomlását, a vákuumos szabadfázis kitermeléssel a könnyű, felúszó szennyezőktől szabadítják meg a vízfelszínt, vagy akár a talajkapillárisokat is. [128]

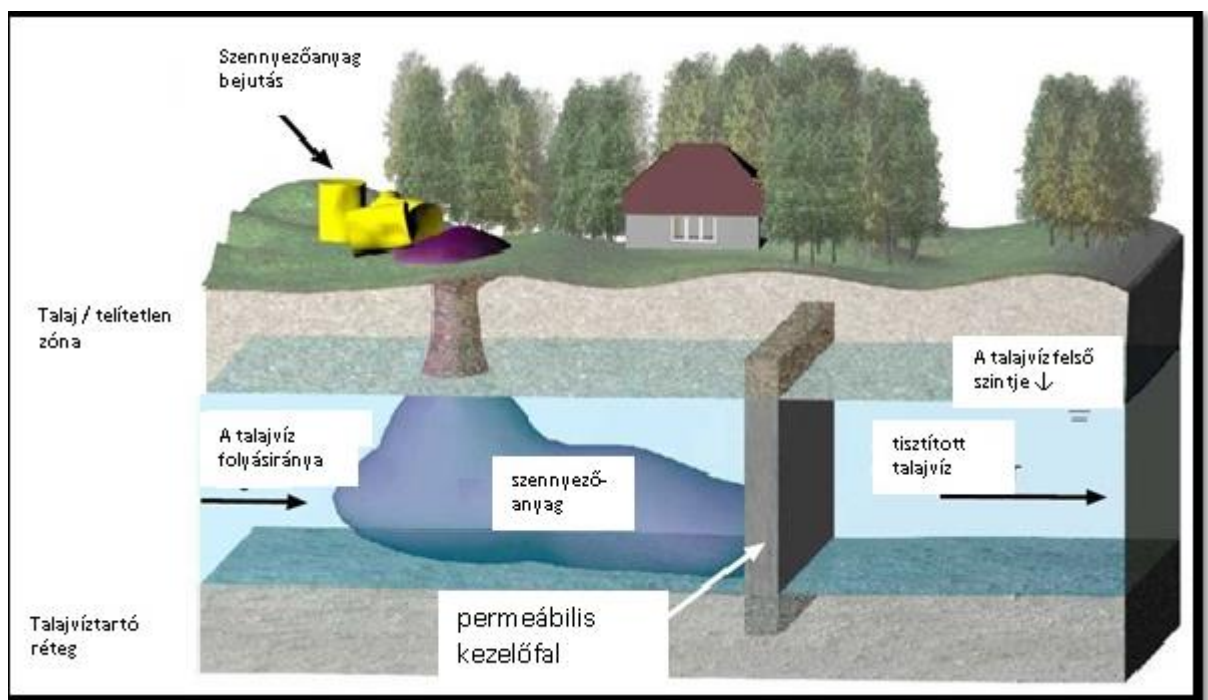
A levegővel történő **sztrippelés** egy olyan ex situ eljárás, amely szintén alkalmas mind felszín alatti, mind felszíni és csurgalékvizek kezelésére. Ennek során úgy választják el a szerves vegyületeket a vízbázistól, hogy megnövelik a szennyezett víz levegővel érintkező felületét. Mindez történhet töltetes tornyokban, diffúz vagy tálcás levegőztetőkkel és permetezéssel. Az eljárás során a szennyező anyagok a vízből a levegőbe áramlanak. De sztrippeléses eljárásról alapul például a talajvíz-keringető kút is. Ezen esetben a kút talpszintjén és a talajvízszint magasságában is megszűrlik a vizet. Egy injektáló csövön keresztül levegőt nyomnak a kút vízszintje alá, amitől felfelé irányuló vízáramlás alakul ki, és az illékony szennyező anyagok sztrippelődnek. A távozó szennyezett levegőt felfogják és továbbkezelik, a mentesített víz pedig visszajut az eredeti helyére. Mivel a talajvízkivétel és -visszajuttatás eltérő mélységben történik, a környező víztartó zónában megindul a talajvíz keringése, és az érintett talajzóna is alaposan átöblítődik, hidraulikusan tisztul.

A vízben található lebegőanyag tartalom eltávolítása történhet még **fáziselválasztással**. A fáziselválasztás alkalmazható szennyezett felszíni, felszín alatti és csurgalékvizek kezelésére. A fáziselválasztás során a szennyezőket a hordozó közegtől (jelen esetben a vízből) próbálják fizikai és/vagy kémiai úton elválasztani. A fáziselválasztás számos módon megvalósítható: desztilláció, szűrés, fagyasztásos kristályosítás, fordított ozmózis stb.

Az **adszorpción** alapuló eljárás során a vízbázisokban oldott szennyező anyagok egy adszorbens felületén megkötődnek, így csökken a koncentrációjuk a folyadékban. A leggyakoribb adszorbens az aktív szén, de használnak még egyéb ásványi anyagot, például zeolitot, illetve szintetikus gyantákat is. Az adszorpció eljárás ex situ folyamat, amikor is a szennyezett víz kitermelésre kerül, és azt átvezetik az adszorbens felületen, amely így megköti a szennyező anyagokat. Általában szerves eredetű szennyezések eltávolítására alkalmas. Az adszorbenst regenerálni kell/lehet, kivéve, ha az nehézfémekkel szennyezett. Ilyenkor veszélyes hulladékként kezelve biztonságos elhelyezése szükséges. Adszorpció eljárással távolítják el például a felszíni vizekbe került olajszennyeződések is. [5] Az utóbbi időben egyre gyakrabban használnak **zeolit**ot adszorbensként, annak számos előnye miatt. Megtalálható a természetben, de viszonylag könnyen előállítható mesterségesen is. A zeolitok felületén üregek találhatóak, amelyeket alumínium-, szilícium- és oxigénatomok alkotnak. Ezek az üregek, pórusok molekulaméretűek és ezek segítségével óriási hálókat tudnak alkotni, hatalmas aktív felülettel, ahol a zeolit ki tudja fejteni a katalitikus hatást. Arra is van lehetőség, hogy egyes fémeket beültessenek ezekbe az üregekbe, ahol a zeolit képes az egyes alkánokat megkötni, kisebb méretűvé alakítani. A zeolitokat több területen fel tudják használni, katalitikus és abszorbens hatása mellett a pH szabályozó hatása is ismert, lágyítja a vizet, megakadályozza annak túl lúgosodását. A zeolit molekulaszitának is nevezik, mert az olyan kis méretű molekulákat, mint például a víz vagy a metán átengedi, de az elágazó láncú szénhidrogéneket vagy a nagyobb molekulákat, például a benzolt már nem. Kiváló adszorbeáló tulajdonsága mellett emiatt is használják a kármentesítéskor. Ráadásul a zeolit módosítható, ami által változhat a „szita” mérete, azaz szabályozható, mekkora molekula mehet át rajta. [129]

Vannak esetek, amikor a kármentesítés során például a szennyező forrásokhoz nem lehet hozzáférni, a további szennyezést nem lehet megállítani, és a kármentesítés csak a szennyező csóvában lehetséges. Amennyiben a szennyezési terhelés nem túl nagy, a víz áramlására merőlegesen elhelyezett **permeábilis kezelőfalak** alkalmazása lehetséges.

Természetesen ez inkább csak a kockázatsökkentést szolgálja. Alkalmos nehézfémek kicsapására, illetve illékony klórozott szerves vegyületek dehalogénezésére is. Ahogy a neve is mutatja, a kezelőfalak víz által átjárható építmények, elemek, amelyeket reaktív közeggel töltenek fel. A szennyezett talajvíz keresztuláramlik a falon (ld. 30. ábra), illetve a benne elhelyezett töltőanyag, amely a szennyező anyagokat vagy megköti, vagy visszatartja. Élettartamuk hosszú, kevés karbantartást igényelnek. Lehetnek biológiailag reaktívak, például komposztot, faforgácsot tartalmaznak, melyhez a pH-értéket korrigálандó mészkövet adagolnak. Alkalmazható benne például aktív szén is, ráadásul ennek felületére speciális lebontó mikroorganizmusokat is lehet telepíteni. Amennyiben nem kell ezt a kezelőfalat túl mélyre juttatni, akár a bioreaktív töltetek cserélhetőek, regenerálhatóak is. Hátránya, hogy folyamatos monitorozása szükséges, hiszen a felfogott szennyező anyagok miatt a fal permeabilitása<sup>69</sup> csökkenhet, amelynek következtében az áramló víz megkerülheti a kezelőfalat. [130]



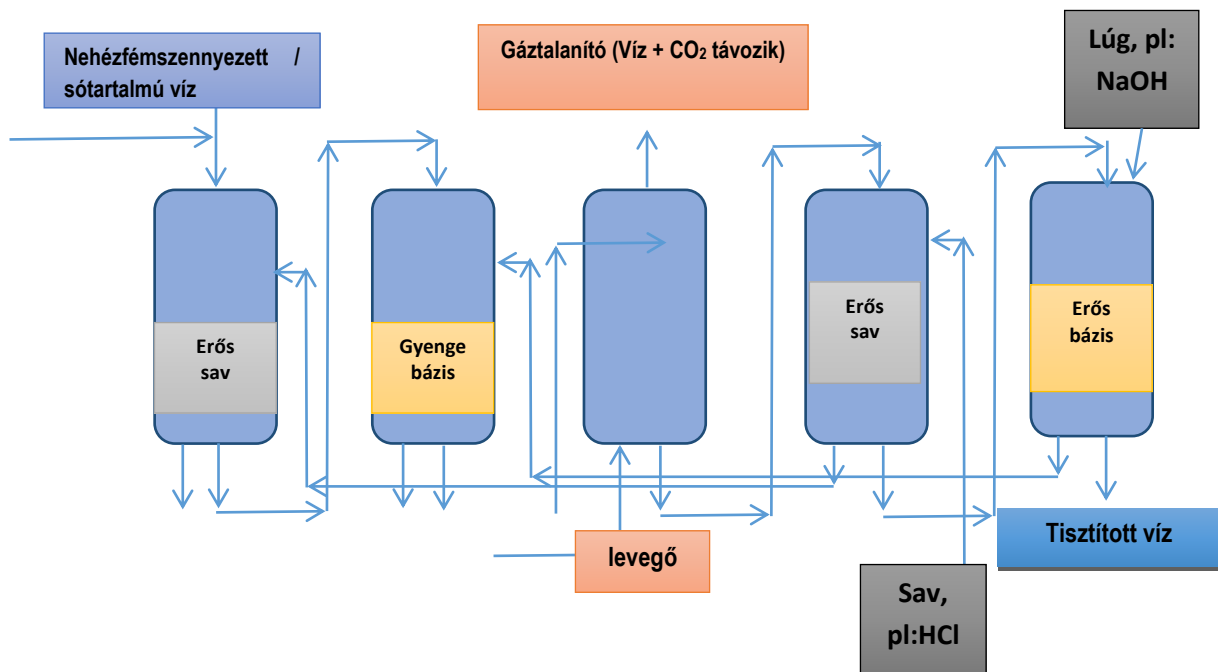
30. ábra: Permeábilis kezelőfal elhelyezése a szennyeződések továbbjutásának megakadályozására [131]

A **kicsapás** és **derítés** alkalmas mind szennyezett felszíni, mind felszín alatti vizek kezelésére ex situ kémiai eljárással, amely során a vízben oldott formában jelenlévő

<sup>69</sup> Áteresztőképesség

szennyezőket szilárd, nem oldódó, kis átmérőjű szuszpendált részecskékké alakítják, azaz kicsapatják. Miután ezeket koagulációval, flokkulációval alkalmassá teszik a fázisválasztásra, ülepitéssel vagy szűréssel eltávolítják. Jelen esetben is kémiai és fizikai módszerek vegyítése történik. Ezt a módszert elsősorban nehézfém- és radioaktív izotóp szennyezők esetén érdemes alkalmazni.

**Ioncserés** eljárásakor a vizes fázis ionjait az ioncserélő közeg ionjai váltják fel. Ioncserélő közegként különböző gyanták szolgálnak, amelyek lehetnek természetesek, de mesterségesen előállítottak is. Az eljárás során használt gyanták regenerálhatóak és újrafelhasználhatóak. A vízből mind a nehézfémeket, mind a víz sótartalmát el lehet távolítani ioncserével. Az ioncsere szorpciós folyamat, ahol az ioncserélő – pozitív vagy negatív töltésű ionos aktív csoport – az egyes ionjait a vizes oldatban lévő, azonos töltésű ionokkal képes kicserélni. A folyamat reverzibilis, az oda-, ill. visszacsere feltételeinek biztosításától függően. Ezáltal biztosítható az ioncserélő anyagok kimerítése ill. regenerálása. Az ioncserélő gyanták akkor képesek ioncserére, ha a kicserélendő ionoknak nagyobb az affinitása az aktív csoporthoz, mint a benne lévő ioné, vagy pedig az oldatban lévő ionok koncentrációja elég nagy ahhoz, hogy a tömeghatás törvényének érvényesülésével az egyensúly felboruljon. Az erősen bázisos anioncserélő gyanták kvaterner-ammónium aktív csoportokat tartalmaznak, amelyek affinitása a  $\text{OH}^-$  -ionokhoz kicsi, ezért azt bármely más anionra kicserélik. Regenerálásukhoz éppen ezért erős lúgra van szükség. [132] A leghatékonyabb mentesítést négylépcsős rendszerrel lehet elérni. Ebben a rendszerben az ellenionhatást használják ki. A  $\text{H}^+$  formájú erősen savas kationcserélő oszlop után elhelyezett  $\text{OH}^-$  formájú, gyengén bázisos oszlopot gáztalanító követi, ahol a keletkezett szén-dioxid eltávozhat, majd ismét erősen savas  $\text{H}^+$  és erősen bázisos  $\text{OH}^-$  formájú oszlop. Ezt a rendszert mutatja be a 31. ábra. A nehézfémek vízből való kicsapatása összetett folyamat, ami ahhoz kell, hogy eltávolítható legyen a szennyvízből. Be kell állítani ehhez a biológiai folyamatokra ártalmatlan pH értéket, másrészt a megfelelő reagens anyagot kell használni, hogy az oldott nehézfémek átalakítása nehezen oldódó hidroxidokká vagy bázikus sókká megvalósulhasson, hogy azok a szennyvízből eltávolíthatók legyenek.



31. ábra: Négylépcsős ioncserélő rendszer [133]

Az **ozonizálás** és az **UV-oxidáció** alkalmas mind felszíni vizek, mind felszín alatti vizek ex situ kezelésére, mindenekelőtt kőolaj származékok, növényvédőszer, gyomirtók és egyéb toxikus anyagok eliminálására. A szennyezést úgy távolítják el, hogy ózon és hidrogén-peroxid segítségével létrehozzák a hidroxil gyököt, amely kifejezetten agresszív oxidatív hatással rendelkezik. A hidrogén-peroxidot a szennyezett vízhez keverik, az ózont pedig ellenáramoltatják a peroxiddal dúsított vízben, miközben az egészet UV lámpával világítják meg. Ezt a folyamatot többször is megismétlik egymás után. Az UV világítás hatására jön létre az a reakció, amely a hidroxil gyököt létrehozza és oxidálja a szennyezést. A reakció során maradhat felesleges ózon, amelyet oxigénné redukálnak és elvezetnek.

#### 4.3.2. Biológiai eljárások

Hazánkban számos olyan káresetet tártak fel, ahol a földtani közegek valamilyen szénhidrogén-szennyezettségnek lettek kitéve üzemanyag-töltőállomások, régi fűtőolaj tárolók, valamint kőolaj-vezetékek közelében. Amennyiben a kármentesítés ezt műszakilag lehetővé teszi, a szakma is egyre gyakrabban fordul a biológiai eljárások irányába. [134]

A '60-as években kezdődtek el azok a kutatások, amelyekkel igyekeztek feltérképezni a mikroorganizmusok azon hatását, hogy miként képesek egyes szennyező anyagokat ártalmatlanítani. A kutatások eredményeképpen alakultak ki az olyan biotechnológiai

eljárások, amelyekkel a talaj, talajvíz, talajlevegő, valamint a felszíni és felszín alatti vizek, illetve a csurgalékvizek szennyezéseit elvileg tudták kezelni, azokat képesek voltak kármentesíteni. A kutatások olyan szintre jutottak el, hogy mára már szinte minden, még a korábban perzisztensnek tekintett szerves eredetű szennyező anyag lebontása is megtörténhet. Természetesen ezen mikrobiológiai kármentesítési eljárások csak olyan helyszíneken alkalmazhatók, ahol a kármentesítés tervezése folyamán tisztázták a terület-specifikus keretfeltételeket, illetve a biológiai eljárás jellemzőit. Amennyiben azonban adottak a feltételek a mikrobiológiai eljárások alkalmazására, akkor azok mind ökonómiai, mind ökológiai szempontok alapján előnyösek lehetnek.

A biológiai eljárások alapjait olyan bennszülött mikrobák adják, amelyek megtalálhatóak a természetben, eleve jelen vannak a szennyezett közegben is, vagy célzottan kitelepítik őket. Mivel a mikroorganizmusok a vízben oldott tápanyagokat képesek felvenni, így a víz az egyik legfontosabb tényező a biológiai hozzáférhetőség szempontjából, [135] de ugyanezen oknál fogva tekinthetőek alkalmasnak az egyes vízbázisok tisztítására is, hiszen a szükséges víz jelen van. A már jelenlévő mikrobákat, baktériumokat, gombákat, amelyek az egyes közegek természetes öntisztulásért felelősek, megtámogathatják például egyedszámuk felszaporításával, illetve úgy is, hogy optimális környezetet biztosítanak nekik. Például aerob baktériumoknak a környezetét levegőztetéssel dúsítják fel, anaerob körülményeket kedvelő egyedeknél megnövelik a nitrát vagy foszfor tartalmat a talajban. Mindezekhez csatlakozhatnak az ún. tudatos oltóanyagok is, amelyeket laboratóriumban tenyésztenek ki annak érdekében, hogy megsegítsék a természetes közegben esetlegesen rezisztenssé váló vagy mutálódó mikrobákat. Gyakran éri támadás ezt az eljárást, egyesek azzal érvelnek, hogy a mikroorganizmusok kiszoríthatják a honos mikroflórát, vagy mert a bejuttatott baktériumtömeg egy hatókörön belül immobilizálódik. A gyakorlatban ezen eljárásokat használó szakemberek szerint azonban a megfelelően megválasztott eljárás módok és az alkalmazás során a terület konstans monitorozásával, időbeli beavatkozással, a mikrobák folyamatos megtámogatásával, etc. ezek a problémák orvosolhatóak, megelőzhetőek.

Az egyik, mára legelterjedtebb ilyen eljárás a bioremediáció. A bioremediáció alapja a biodegradáció, amely során biológiai-, mikrobiológiai, biokémiai folyamatok zajlanak le mikroorganizmusok (pl. baktériumok, gombák, algák, egysejtű állatok) és egyéb magasabb rendű élőlények (növények, állatok), vagy azok termékei (pl. enzimek) segítségével. Az eljárás során a szennyezett talajt, talajvizet, felszín alatti vízbázist

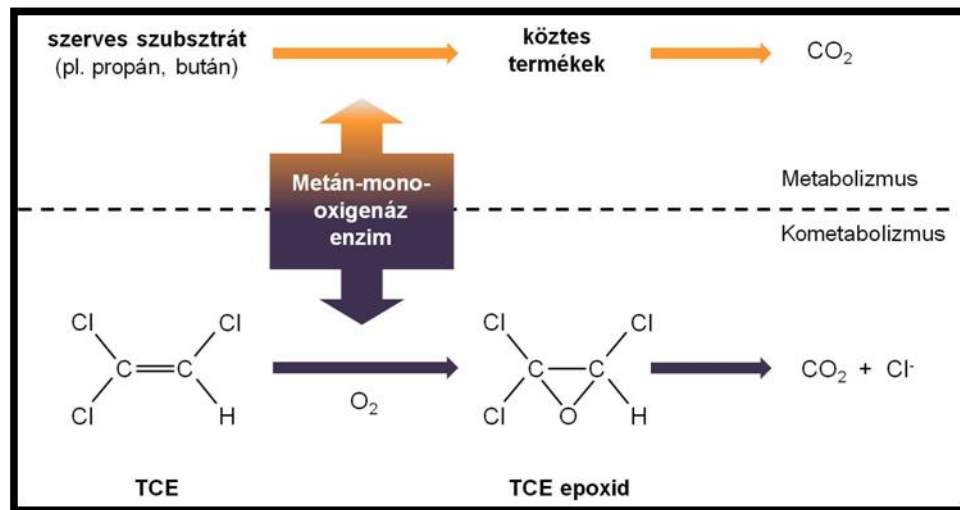
beoltják olyan mikrobákkal, amelyek a természetben is jelen vannak. Ezek aztán a szennyező anyagokat lebontják – metabolizálják, vagy egészségre veszélytelen anyagokká alakítják és/vagy immobilizálják. A bioremediációt alkalmazhatják in situ és ex situ technológiaként, önmagukban és egymással kombinálva is. Viszonylag kis költséggel nagy területek kezelésére is alkalmas, anélkül, hogy a talaj alapvető tulajdonságait megváltoztatná. Az eljárás környezetbarát, már a legkülönbözőbb szennyező anyagok lebontására és/vagy eltávolítására is alkalmas a toxikus anyagoktól a nehézfélig. Egyre nagyobb teret nyer az alkalmazása azért is, mert nem igényel különösen bonyolult infrastruktúrát és képzett munkaerőt, környezetbarát megoldás. Hátrányai között megemlítendő, hogy elég erőteljesen befolyásolják a környezeti adottságok, heterogén közegekben és területeken a folyamat lelassulhat, nem egyenletes. A szennyezőanyag függvényében nem mindig elégséges maga az eljárás, mert ha például nem metabolizálható szennyezés található a helyszínen, akkor meg kell oldani annak kitermelését és eltávolítását. Nehézfémek esetében például a lebontásra nincs lehetőség. Ezért azok esetében, az immobilizálás és az azutáni eltávolítás a cél. Ez történhet például úgy, hogy kevésbé vízzoldékony formába alakítják a szennyező anyagot (a súlyosan mérgező báriumtól például bárium-szulfátot alakítanak, amely a többi bárium vegyülettel szemben nem oldódik vízben). Ahogy ki lehet például iszapba vagy növényekbe is ülepíteni őket, ahonnan már könnyebb az eltávolításuk. A szerves szennyezőkkel is hasonló a helyzet. Ráadásul, eljárásfüggően természetesen nem egyszer olyan gázok, gőzök fejlődhetnek, amelyek elvezetéséről gondoskodni kell, különben akár robbanásveszélyesek is lehetnek.

A remediációs eljárásoknak különböző fajtái vannak: adszorpciós remediáció, fitoremediáció, bioremediáció, azon belül is ko-metabolikus, intenzifikált remediáció, etc. [128]

A **ko-metabolikus** folyamatok (mint alább a 32. ábra is bemutatja) alkalmazásakor toluol vagy metán híg oldatát injektálják a szennyezett felszín alatti vízbe, amelyek ott célzottan lebontják a szerves szennyezőket. Ez az eljárás alkalmas klórozott oldószerek – pl. vinil-klorid, triklór-etilén – lebontására is. Bár ezek a szubsztrátok magukban nem metanotrófok<sup>70</sup>, viszont az elsődleges szubsztrát oxidációját végrehajtó enzimek – metán-mono-oxigenáz – alkalmasak a szennyezőanyag, például kis molekulású, halogénezett szénhidrogének bontására, lebontására. Viszonylag új technológia,

<sup>70</sup>metánfaló

folyamatosan fejlesztés alatt van. Hátránya, hogy a metán fokozott robbanásveszélyessége miatt rendkívül szigorú tűzvédelmi előírások betartása szükséges. Bár az eljárás in situ folyamat, a tisztított vizet feltétlenül ki kell termelni, hogy sztrippeléssel vagy utószűréssel kezeljék. [128]

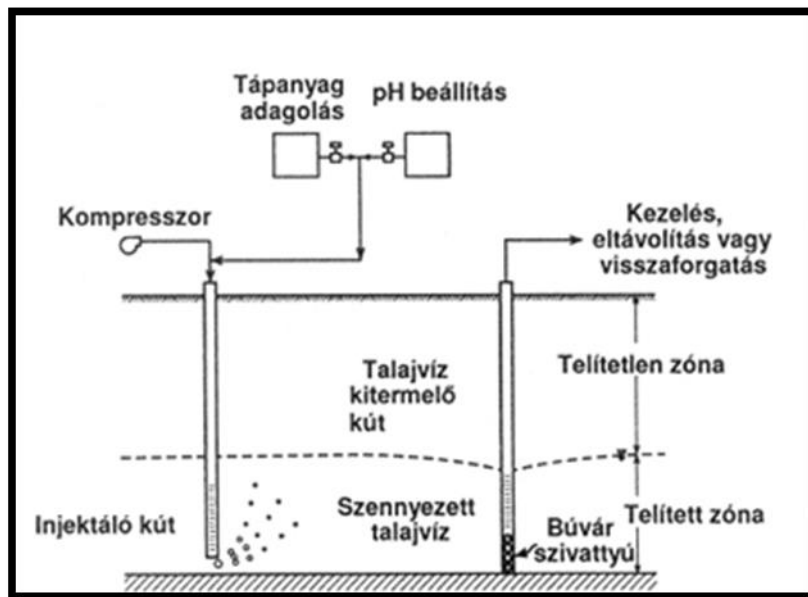


32. ábra: A triklór-etilén ko-metabolizmusban történő lebontása metán-mono-oxigenáz enzim segítségével [136]

A 33. ábra az ún. **intenzifikált bioremediáció**-t mutatja be, amely egy in situ eljárás, amelyet mind felszín felett, mind felszín alatt is alkalmaznak. Ennek során az egyes vizekben az elektron-akceptorok és a tápanyagok koncentrációját növelik meg, így fokozzák a szennyezőanyag lebontást. Aerob körülmények között természetesen az oxigén a legfőbb elektron-akceptor, anaerob körülmények között pedig a nitrát. A lebontási folyamatot, amely természetes körülmények között is lezajlik egyébként, tápanyag- és oxigénbevitellel – ez történhet befúvással, de hidrogén-peroxid bejuttatásával is –, illetve mikroba tenyészet beoltásával intenzifikálják. Az aerob folyamatokat nyomás alatt végzik, különben a tisztítandó közeg kipárologtatja az oxigént. Az anaerob folyamatoknál szem előtt kell tartani a nitrátok eutrofizációs tulajdonságát is, ezért az úgynevezett „nitrát direktíva”<sup>71</sup> betartása mellett történhet a folyamat (sőt, egyes területeken a már igen magas nitrát tartalom miatt az anaerob eljárás nem is engedélyezett). A nem homogén közeg hatással lehet az eljárás sebességére. [137]

<sup>71</sup>Az EU nitrátokról szóló irányelve, 1991



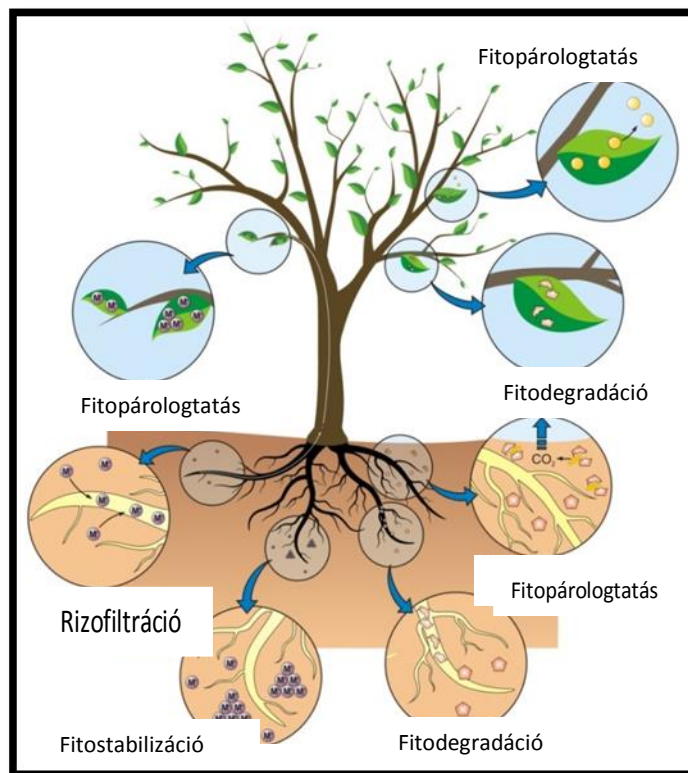


33. ábra: Az intenzifikált bioremediáció folyamata [128]

Hazánk komoly sikerrel alkalmazza ezen eljárásmodot, és már a kétezres évek elején jelentős kutatások folytak az alkalmazásával kapcsolatban, hiszen például a MOL olajkútjainak paraffinmentesítésére is ezt használták. A kutatások célja az volt, hogy a kőolajkutakon tapasztalható paraffin-lerakódásokat feloldják, és ezáltal az ismétlődő csőtisztítási munkálatok idejére történő leállásokat is megelőzzék. Az eljárás során sikerrel vetettek be különféle Bacillus és Pseudomonas fajokba tartozó fakultatív anaerob törzseket. Attól függetlenül, hogy a kezelt kutak igen nagy heterogenitást mutattak mind a földtani rétegek, a talphőmérséklet, mind a kitermelt olaj minőségének tekintetében, sikeres volt a beavatkozás. Ennek jelentősége például a talajvíz-bioremediációs eljárásokban kiemelendő, hiszen nyersolaj-szennyeződésekben igen nagy számban előforduló rövidebb alkánláncok ( $nC_6 - nC_{20}$ ) metabolizálására képesek, és ezáltal a kárelhárításban is sikerrel alkalmazhatóak, és folyamatosan fejlesztik azon törzseket is, amelyek a hosszabb alkánláncok lebontására is alkalmasak lesznek. [138]

A remediációs eljárások egy speciális csoportját képezik a *fitoremediációs* folyamatok, melyek során specifikusan kiválasztott növényekkel távolítják el vagy bontják le adott közegben az egyes szennyező anyagokat. [137] [139] Bár sok gyakorlati előnye is van, az egyes kármentesítéssel foglalkozó cégek inkább egyéb remediációs eljárások kiegészítő eljárásaként, illetve utóeljárásaként használják. (A vörösiszap katasztrófa után szennyezett terület fizikai, kémiai és biológiai eljárásokkal való megtisztítását

követően ültették be a területet utókezelésként nyár-fűz társulásokkal.) Fitoremediációra alkalmasak egyes, a természetben is előforduló növények, illetve olyanok, amelyeket kifejezetten erre a célra nemesítenek tovább, megnövelve vagy kialakítva fém-akkumuláló tulajdonságaikat. A növények a rizoszférában<sup>72</sup> lévő mikroorganizmusok segítségével szabadítják meg a szennyezett közeget. A folyamatot több olyan tényező is befolyásolja, mint a kiválasztott növényfaj szennyezőanyag tűrése, növekedési sebessége, gyökérszónájának mélysége, etc. Természetesen a szennyezőanyagok koncentrációja sem haladhatja meg a növény számára toxikus határértéket. Csak akkor eredményes eljárás, ha a gyökérszóna a szennyezés helyével egybeesik. Egyes növények alkalmasak a szennyezőanyagok lebontására is, a cukorrépa például a nitroglicerint bontja, míg a nyárfá a triklór-etilént, mások csak az illékony szennyező anyagok, pl. higany elpárologtatására használhatóak. A 34. ábra a fitoremediációs eljárásokat foglalja össze.



34. ábra: A fitoremediációs eljárások összefoglaló sematikus ábrája [140]

<sup>72</sup> A talaj azon szűk zónája, amelyben a gyökerek által kiválasztott kémiai anyagok hatásukat kifejtik, ez a növényi gyökér közvetlen felszíne, beleértve a szorosan hozzátapadó talajrészecskéket és az elhalt növényi részeket is. [141]

A vízbázisok megtisztítására is alkalmas fitoremediációs eljárások fajtái az alábbiak, melyeket aztán a felsorolás alatt található 20. táblázatban összegzek:

- A *fitodegradáció* során az egyes növényfajok, illetve azok gyökerének mikroflórája a szennyező anyagokat ártalmatlan molekulákká – víz, szén-dioxid – alakítják lebontó enzimeik segítségével.
- A *fitostabilizációs* eljárások olyan növények alkalmazásával működnek, amelyek nehézfém-toleránsak. Ezek megakadályozzák, hogy a nehézfémek a szennyezett talajból a vízbázisba vagy a levegőbe jussanak. Az eljárás során tulajdonképpen a növénytakaró (általában fűfélék) fizikailag akadályozza a nehézfémek talajbani mozgását, vándorlását, ami által kevésbé oldódhatnak bele a talajvízbe, illetve kerülhetnek ki a légkörbe.
- A *rizofiltráció* során a telepített növények gyökerei kötik meg, halmozzák fel vagy csapják ki a szennyezett vizekből a nehézfémeket. Az eljárásra jó néhány vízi és mocsári növény alkalmas, egyesek többféle oldott fém eltávolítására is képesek, másokat célzottan vetnek be pl. a króm, a mangán, a kadmium vagy a réztartalom csökkentésére. A rizofiltrációs eljárás alatt a növények gyökerei vagy a sejten kívüli térben csapják ki a fémeket, vagy azok a sejtfalon adszorbeálják őket, illetve a sejtekbe bejutva a citoplazmába, vakuólumokba bezárulnak, és nem toxikus formában elkülönítésre kerülnek. Később a rizofiltrációhoz használt növényeket a bennük tárolt nehézfémekkel egyetemben eltávolítják. Szennyezettségük okán ezek különleges bánásmódot igényelnek. Bár így még mindig hatalmas, szennyezett mennyiségű biomassza „áll rendelkezésre”, ebben a formában már könnyebben kezelhető. Tömegét komposztálással vagy égetéssel jelentősen lehet csökkenteni, így ha veszélyes hulladékként kerül elhelyezésre, sokkal kisebb volumenű veszélyes anyagot kell tárolni. Az elégetés által az energiatermeléshez, illetve indirekt módon a földgáz-megtakarításhoz is hozzájárulnak. Emellett, ha az égetés alacsony hőmérsékleten történik, akkor a hamuban jelenlévő fémek nagy részét kohósítás után akár gazdaságosan ki is lehet nyerni, vagy a keletkezett salakot öntvényekhez felhasználni. [142] A keletkező szennyezett biomassza mellett a folyamatnak az is a hátránya, hogy a mentesítés nagyon hosszú időtartamú, még

akkor is, ha hiperakkumuláló<sup>73</sup> növényeket alkalmazásával meggyorsítják a folyamatot, illetve ha különféle szereket adagolnak a nehézfémek kötésformáinak megváltoztatására. Ugyanakkor, mert több évig is eltart a szennyezett terület mentesítése, az évelő növények telepítésével viszont a talajeróziót tudják gátolni.

A rizofiltrációs eljárás részét képezi a legtöbb modern szennyvíztisztítási technológiának is. Ahol lehetőség van rá a szennyvíztisztítóban, üvegházakat is bekapcsolnak a tisztítási folyamatba, és ott keringtetik a vizet a növények között. (ld. 29. ábra fentebb) Az eljárással nem csak a víz nehézfém-tartalmát szűrik tovább, de a nitrát tartalmának csökkentését is célozzák. Az üvegházzal lefedett eleveniszapos medencékben a mikroorganizmusok oxigén felhasználása mellett lebontják az oldott szerves anyagot. Mindehhez olyan növényeket telepítenek nyílt vízfelszínre, melyeknek a gyökérzete 0,5-1,5 m mélyre nyúlik. Ezeket kiegészítik a medencékben elhelyezett mesterséges biofilmekkel, amelyek együtt 2-3 ezer féle mikroorganizmusnak és egyéb magasabb rendű élőlénynek adnak életteret. Az anoxikus térben a nitrát oxigéntartalmát hasznosítva történik meg az elő-denitrifikáció, majd a levegőztető részben légbefújással biztosítják a lebontáshoz szükséges oxigénmennyiséget. A lebontási folyamat során mikroorganizmusokban gazdag aktív iszap keletkezik, amelyet később tovább feldolgoznak.

- A *fitopárologtatás* során a növények szelént, higanyt és egyéb illékony szerves vegyületeket vesznek fel a talajból és a vízből, majd ezek az evapotranszpiráció<sup>74</sup> folyamata révén eltávoznak a növényből. Bár ez a műszaki megoldás működik, nemigen használják, hiszen bár a szennyezett közegből el tudják párologtatni ezzel az ott felgyülemlt vegyületeket, de mivel a párologtatás során a szennyező anyagok a légtérbe jutnak, ott ugyanolyan mérgezőek, maximum kisebb koncentrációban jutnak a szervezetbe.

<sup>73</sup> Hiperakkumulációról akkor beszélhetünk, ha egy növény adott szervében a fémkoncentráció meghaladja az 1000 mg/kg szárazanyag értékét, a növény tehát jóval nagyobb mennyiségben veszi fel az adott elemet, mint az annak talajbéli koncentrációjából következne.

<sup>74</sup> A növényzet és a talaj együttes párolgása

Eljárás	Kezelt közeg	Eljárési mechanizmus
<b>Fitodegradáció vagy fitotranszformáció</b>	felszíni és felszín alatti vizek	Szerves anyagok felvétele és degradációja növényekkel
<b>Fitostabilizáció</b>	talaj, felszín alatti vizek, bányameddők	Gyökérnedvek hatására végbemenő csapadék-képződés a fémek hozzáférhetőségének csökkenését eredményezve [139]
<b>Rizofiltráció</b>	felszíni vizek és nyomással átvezetett vizek	Fémfelvétel és denitrifikáció a növények gyökerein át
<b>Fitopárolgztatás</b>	talaj, felszín alatti vizek	A növények evapotranszspirációja révén az illékony vegyületek felvétel után eltávoznak a növényekből

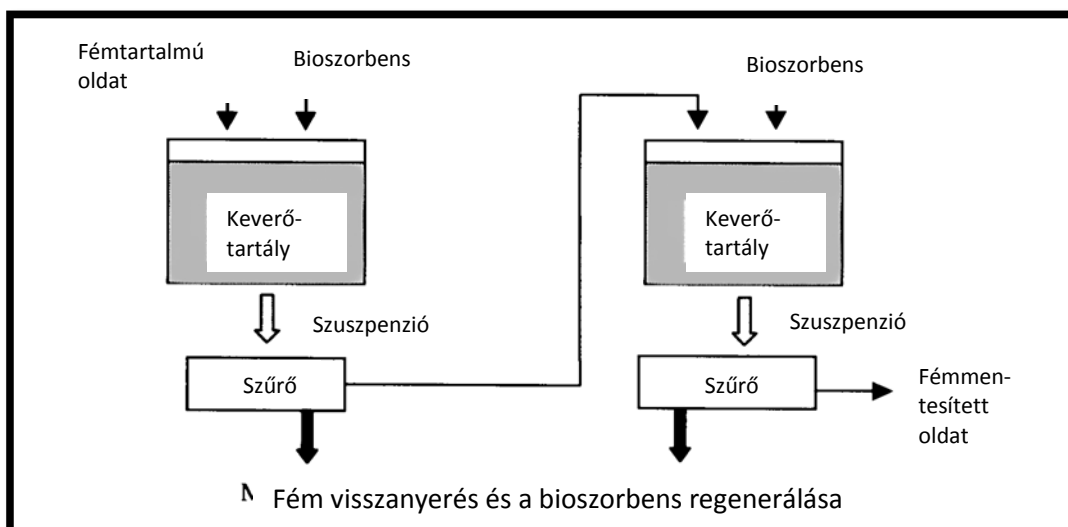
20. táblázat: Fitoremediációs eljárások rövid összefoglalása, forrás: saját készítés

**Bioreaktorokkal** (ld. 35. ábra) szintén lehetőség van a vízbázisok megtisztítására, ez azonban a szennyezett vízbázis kitermelését igényli. Az eljárás során a bioreaktorokban a szennyezett vizet olyan mikroorganizmusokkal érintkeztetik, amelyek vagy fix filmes vagy szuszpendált állapotban vannak, például eleveniszapos vagy fluid ágyon egy levegőztető medencében. Szuszpendált állapotú mikroorganizmusok esetében levegő jelenlétében (aerob folyamat) történik meg a biológiai bomlás, melynek során széndioxid, víz és új sejtanyagok képződnek, a mikroorganizmusok pedig iszapot képeznek és leülepsznek az ülepítő tartályban. Ezt az iszapot az eredeti szennyeződés függvényében vagy visszavezetik a levegőztető medencébe vagy elszállításra, elhelyezésre kerül. A fix filmes rendszerekben (forgó tárcsás vagy csepegtetőtestes) inert anyagok felületén találhatóak a mikroorganizmusok, és ezeken áramoltatják át a szennyezett vizet.



35. ábra: Vízisztító bioreaktor [143]

Megemlítendő biológiai eljárás még a **bioszorpció** is. Egyes mikroorganizmusok, illetve azok metabolikus termékei képesek a fémeket koncentrálni és akkumulálni híg vizes oldatból, vagy a szilárd fémrészecskék megkötésével, vagy a fémek oldhatatlanná tételével. Ennek a folyamatnak az is az előnye, hogy fémeket nyerhetnek általa vissza gazdaságosan. Emellett alkalmas a szennyvizek kezelésére is. Ezt az eljárást mutatja be a 36. ábra.



36. ábra: Kétlépcsős bioszorpciós rendszer [144]

Jóllehet sokan úgy értelmezik, hogy nem is történik beavatkozás, a kármentesítés egyik módszere a **természetes lebontás**. Ilyen természetes folyamatnak számít pl. a hígulás, kipárolgás, biológiai lebomlás, adszorpció. Ennek alkalmazásakor megtörténik a terület feltárása, a szennyeződés lebomlásának modellezése, melynek segítségével előre jelezhető, hogy milyen mértékű lebomlásra lehet számítani a hely és az idő függvényében. Ilyenkor folyamatosan monitorozzák a lebomlás folyamatát, és ellenőrzik a sebességét. Természetesen ezt a megoldást közvetlen kockázat fennállása esetén tilos választani, ráadásul idő- és adatigényes folyamat, melynek során bármikor különleges beavatkozásra lehet szükség, amennyiben esetleg a lebomló, átmeneti állapotban keletkező anyagok még veszélyesebbek, mint a kiinduló szennyezők.

Az úgynevezett **wetlandok**, azaz mesterségesen létrehozott vizenyős területek több módszer együttes alkalmazásával jönnek létre. A kisebb tavak, mesterséges csobogók, halastavak kialakításával fizikai, geokémiai és biológiai folyamatok révén kötődnek vagy bomlanak le egyes, a vizekben jelenlévő szennyeződések. A wetland magában foglal jó néhány vizenyős területre jellemző flóra- és faunaelemet (37. ábra), illetve szerepet játszanak a medence alján létrejövő iszapban az algák, mikrobák és mikroorganizmusok is. A szennyező anyagok eltávolítása megtörténhet ioncserével, adszorpcióval, geokémiai vagy mikrobiális redukció/oxidáció útján való kicsapatással. A tisztítandó vizet a területre aerob és anaerob útvonalon is el lehet juttatni, az ezen régiókban megtalálható katalizáló baktériumok elősegítik oxidációt és/vagy redukciót. A kicsapatott és adszorbeált szennyező anyagok leülepednek az iszapba, vagy elraktározódnak az egyes növényekben, illetve kiszűrődhetnek a porózus közegen. A víz tisztítását, tisztulását sokszor mesterséges szökőkutak telepítésével, levegőztetéssel is segítik.



37. ábra: Mesterségesen létrehozott vizenyős terület, wetland lehetséges keresztmetszete és természetbeli megvalósítása [128][145]

#### 4.4. A környezeti kárelhárítás jogszabályi háttérének hiányosságai

A környezet védelmének általános szabályairól szóló 1995. évi LIII. törvény [146], a természet védelméről szóló 1996. évi LIII. törvény [147], valamint a vízgazdálkodásról szóló 1995. évi LVII. törvény alapján létrehozott 90/2007. (IV. 26.) Korm. rendelet a környezetkárosodás megelőzésének és elhárításának rendjéről foglalkozik többek között a felszíni és felszín alatti vizek kárelhárításának és kármentesítésének rendjéről [148]. Ez a rendelet, együtt a már hivatkozott 219/2004. (VII. 21.) Korm. rendelettel [122], valamint a 91/2007. (IV. 26.) Korm. rendelet a természetben okozott károsodás mértékének megállapításáról, valamint a kármentesítés



szabályairól [149]. A 91/2007. (IV. 26.) Korm. rendelet a 1.sz. mellékletének II/2. pontjában részletezi a kármentesítési intézkedések azonosításának és megválasztásának rendjét:

*„2.1. Az elsődleges helyreállításhoz szükséges intézkedések azonosítása:*

*Mérlegelni kell, hogy az 1. § (1) bekezdésben meghatározott érték, terület és szolgáltatásoknak az eredeti állapothoz közeli állapotba történő közvetlen visszaállása természetes regenerálódás útján, vagy különböző intézkedések végrehajtása révén, szükség szerint a természetes regenerálódás időtartamának lerövidítésével történjen.*

*2.2. A kiegészítő és a kompenzációs helyreállításhoz szükséges intézkedések meghatározása:*

*A kiegészítő és a kompenzációs helyreállítási intézkedések mértékének meghatározása során lehetőség szerint a kieső természeti értéket, területet, illetve szolgáltatást az adott természeti értékkel, területtel, illetve azokkal egyenértékű értékkel, területtel vagy szolgáltatással kell helyettesíteni. Tehát olyan intézkedések megvalósíthatóságát kell először mérlegelni, amelyek a károsodott természeti értékkel, területtel, illetve szolgáltatással típusukban, minőségükben és mennyiségükben megegyező természeti értéket, területet, illetve szolgáltatást biztosítanak.*

*Amennyiben nem lehetséges az elsőként választandó megközelítés, azaz az adott természeti érték, terület vagy szolgáltatás egyenértékű természeti értékkel, területtel vagy szolgáltatással történő helyettesítése, alternatív értékelési technikákat kell alkalmazni. A természetvédelmi hatóság előírhatja a megfelelő módszert - például pénzügyi értékelést - a szükséges kiegészítő és kompenzációs helyreállítási tevékenységek mértékének meghatározására. Amennyiben elvégezhető az elveszett természeti érték, terület, illetve szolgáltatások értékelése, de a helyettesítő természeti érték, terület, illetve szolgáltatások értékelése nem hajtható végre ésszerű határidőn belül vagy ésszerű költségszinten, az illetékes hatóság választhat olyan helyreállítási intézkedéseket, amelyek költsége megegyezik az elveszett természeti érték, terület, illetve szolgáltatások becsült pénzügyi értékével. ...” [149]*

Véleményem szerint a fentebb bemutatott jogszabályi megközelítést alaposan felül kellene vizsgálni. Mert bár a szabályozás önmagában előírja a természetes állapotok visszaállításának szükségességét, ugyanakkor ezeket időbeli és pénzügyi szempontok, valamint helyettesíthetőség szerint közelíti meg, nem veszi figyelembe többek között a fenntarthatóság követelményeit, illetve ezzel a megközelítéssel a természetes, vagy természetközeli állapotok helyreállítása gyakran nem valósul meg pénzügyi okok miatt.

Ha mindehhez megvizsgáljuk a mögöttes intézményrendszert, elég árnyalt képet kapunk. A 219/2004. (VII. 21.) Korm. rendelet a felszín alatti vizek védelméről kimondja:

*„A vízvédelmi hatóság és a vízügyi hatóság önállóan, illetve a vízügyi igazgatóság bevonásával intézkedéseket tesz...”*

*(2) Az (1) bekezdésben foglalt intézkedések érdekében:*

*a) a vízvédelmi hatóság, illetve a vízügyi igazgatóság áttekinti, hogy mi veszélyezteti a jó állapot elérését és megőrzését;*

*b) a vízvédelmi hatóság ellenőrzi a felszín alatti vizek állapotát befolyásoló tevékenységeket, és indokolt esetben intézkedik a vízjogi engedélyek módosításáról, visszavonásáról, illetve a környezetvédelmi hatóságnál kezdeményezi a Kvt. 73. §-a szerinti környezetvédelmi felülvizsgálat elrendelését...”*

Már a jogszabály idézett soraiban is több különféle hatóság kerül nevesítésre. Azonban ezt a helyzetet tovább árnyalja, hogy 2014-ben a vízügyi rendszer átalakításra került. A vízügyi igazgatási és a vízügyi, valamint a vízvédelmi hatósági feladatokat ellátó szervek kijelöléséről szóló 223/2014. (IX. 4.) kormányrendeletben foglaltak szerint a vízügyi hatósági feladatokat 2014. szeptember 10-től a Katasztrófavédelem látja el. [150] Azaz a korábbi Országos Vízügyi Főigazgatóság önálló szervezeti egységének, az Országos Vízügyi Hatóságnak a jogutódja ettől kezdve a BM Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság. Vízvédelmi hatósági és szakhatósági ügyekben az Országos Környezetvédelmi és Természetvédelmi Főfelügyelőség jogutódja szintén a BM Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság lett. Ugyanakkor viszont a vízkárelhárítás<sup>75</sup> feladatköreit, legyen szó aktív vagy passzív tevékenységről, továbbra is az Országos Vízügyi Felügyelőség végzi (illetve csak azok megszervezését végzik ők, hiszen például áradások, havária szennyezések esetében a gyakorlati kivitelezés, beavatkozás megint csak a Katasztrófavédelem szakemberei által történnek). Ez az osztottság nem csak a vízkárelhárítás módszereinek megválasztását nehezíti meg, hanem az általános környezetvédelmi feladatok megvalósítását is. A felszín alatti vizeket érintő szennyezések általában érintenek egyéb környezeti elemeket is, ha mást nem, akkor a vizeket magukba foglaló földtani közeget. Viszont a környezetvédelmi

<sup>75</sup> A vízkárelhárítás a vizek kártételei elleni védelmet és védekezést jelenti. E két tevékenység úgy tartalmában, mint idejét tekintve eltér egymástól, de mégis összetartozik. A vízkárelhárítás a túl sok vagy túl kevés víz kártételeinek elhárítását, a károk mérséklését célzó megelőző, valamint a tényleges védekezéssel járó szervezett operatív tevékenységet foglalja magában. [151]

kérdések szintén a Katasztrófavédelem fennhatóságába tartoznak, így az egyes szennyezések kárelhárítása esetén szintén több intézkedő és beavatkozó hatóság együttműködésére van szükség. Márpedig ez a kárelhárítási beavatkozás módszerének megválasztásánál hátrányos lehet, a kárelhárítás és helyreállítás így nem tud a környezeti elemek tekintetében a lehető leggyorsabban és legmegfelelőbben végbemenni, amely az ivóvíz-szolgáltatás és a mezőgazdasági termelés zavartalan működése érdekében is kiemelten fontos szempont.

#### **4.5. Részkövetkeztetések**

Dolgozatomban többször hangsúlyoztam a vízbázisok védelmével kapcsolatban mind a jelenlegi, mind a jövőbeli feladatok meghatározásánál, hogy mennyire érzékenyek ezek a rendszerek, és hogy azok egyes elemei milyen könnyen támadhatók. Fenntartható életmódunk megkívánja, hogy ne a kármentesítés legyen elsődleges feladatunk, hanem az egyes környezeti elemek szennyeződésének megelőzése.

A fentebb tárgyalt kármentesítési módszerek sokban hozzájárulnak ahhoz, hogy megszabadíthassuk környezetünket, és ezen belül vízkészleteinket bizonyos szennyezésektől. A kifejezetten a vízbázisok mentesítésére alkalmazott műszaki megoldások esetében mind nagyobb hangsúlyt kellene fektetni az amúgy is egyre jobban teret nyerő biológiai módszerekre. A teljesség igénye nélkül itt felsorolt technológiák külön-külön vagy egymással ötvözve, egymást kiegészítve is alkalmasak a felszíni, felszín alatti, a csurgalék- és talajvizek megtisztítására, az egyes szennyezőanyagok eltávolítására, még akkor is, ha némelyik gyakorlati alkalmazása pillanatnyilag még nem megoldható annak esetleges hátrányai miatt. A módszerek rohamosan fejlődnek, a hazai és nemzetközi kutatók egyre újabbakat kísérleteznek ki, és egyre nagyobb hangsúlyt fektetnek a környezetbarát technológiák alkalmazására, amelyek kevésbé drasztikus beavatkozással járnak. Mivel a biológiai műszaki megoldások is alkalmasak a kívánt cél elérésére és a megfelelő tisztítási hatékonyságra, ugyanakkor jóval költségkímélőbbek, általában kevesebb infrastruktúrát igényelnek, de mindenekelőtt „zöldebbek” és „környezetközelibbek”, mint jó néhány korábban alkalmazott ex situ eljárás, valószínűsíthető, hogy idővel nem csak ajánlás szintjén nyernek mind nagyobb teret a kármentesítésben. Hiszen nem egy biológiai eljárás tulajdonképpen a természetben is bekövetkező folyamatokat képezi le, csak felerősíti, felgyorsítja azokat, növények telepítésével rehabilitálja a környezetet, hozzájárulva

azzal szennyezettség-mentesítés mellett a talajerózió elleni küzdelemhez, sőt, a megfelelő növényfajok alkalmazásával még a fenntartható energiatermeléshez is.

Ugyanakkor a meglévő intézmény- és jogszabályi rendszer megosztottsága megnehezíti, sőt gyakran gátolja a legfrissebb tudományos és műszaki eredmények mielőbbi gyakorlatba történő implementációját. A BM OKF keretein belül jelenleg is jól működő tudományos tanácsadó testületek feladatai közé lehetne sorolni a vízbiztonsággal és vízminősítéssel kapcsolatos problémák enyhítését a hatósági, ellenőrzési és engedélyezési, valamint a víztudományi terület közti koordináció felvállalásával.

## **AZ ELVÉGZETT KUTATÁS ÖSSZEFOGLALÁSA**

Disszertációmban elsőként a vizet, mint életünk alapelemét mutattam be. A fejezetben kitértem nem csak a víz tulajdonságaira, de nélkülözhetetlenségének okaira, hazánk, a Kárpát-medence és a Föld vízellátottságára, a vizet és vizeinket veszélyeztető (környezetbiztonsági) összetevőkre is, amelyek hatást gyakorolnak a vízbázisainkra.

A második fejezetben részletesen megvizsgáltam a vízminőséget veszélyeztető tényezőket, a szennyező anyagokat, különböző szempontok alapján csoportosítva azokat, kiemelve a vízbázisokra gyakorolt hatásait, illetve hangsúlyozva azt, hogy ezek milyen könnyen el tudják érni és szennyezni a vízbázisokat.

A dolgozatom harmadik fejezete a vízminősítés problematikájával foglalkozott, mindenekelőtt annak a jogszabályi rendszerbe való illeszkedésével. A jelenleg hatályos jogszabályok sok ellentmondást vagy nem megfelelő előírást tartalmaznak, amelyek ilyen módon véleményem szerint nem garantálják az alapos vizsgálati eljárást és a megfelelő minőségű ivóvizet. Ebben a fejezetben a létfontosságú rendszerelemek és azok kijelölését célzó jogszabályi háttérrel is vettem górcső alá azzal a céllal, hogy bebizonyítsam, jelenleg érvényben lévő rendelkezések, valamint az azok legfrissebb módosításai nem felelnek meg a környezetbiztonsági elvárásoknak a vízbázisok védelmének érdekében, különös tekintettel azok sérülékenységre, illetve támadhatóságára.

A negyedik fejezetben bemutattam a víztisztítási folyamatokat és eljárási módokat, külön részletezve a mindennapos, általános szennyvíztisztítást, valamint az egyszeri, havária szennyezések eltávolításának módszereit. Külön kihangsúlyozásra és bemutatásra kerültek a (sokszor még csak kísérleti fázisban lévő) biológiai eljárások, amelyek térnyerésére a jövőnk és fenntartható életmódunk érdekében különösen nagy szükségünk van. A módszerek mellett bemutatásra került a hazai vízügy igazgatási és kárelhárítási, valamint jogszabályi rendszere, amely mind megosztottsága, mind a probléma megközelítése miatt véleményem szerint nem felel meg annak a célnak, hogy a kárelhárítás módszereinek megválasztása eltolódhasson a biológiai, és ezáltal a fenntartható, tehát jövőnk szempontjából kívánatos módszerek irányába.

## **ÖSSZEGZETT KÖVETKEZTETÉSEK**

Az értekezésben felállított hipotézisekhez tartozóan megvizsgáltam a vízbázisokhoz kapcsolódó különböző közbiztonsági és jogszabályi szegmenseket. Feltártam először a vízbázisokat érintő kockázati faktorokat, csoportosítva a víz mennyiségét és minőségét

befolyásoló tényezőket, illetve a szennyező anyagokat és a szennyezés eredetét. Kutatásaim során bebizonyosodott, hogy még ennyi év tapasztalata után sem mérik fel reálisan a lehetséges kockázati tényezőket. Konklúzióként megállapítottam, hogy a kockázatelemzések során gyakran még mindig nem számolnak a klímaváltozás következtében növekvő számban fellépő szélsőségekkel, ahogy nincs eleddig megoldás a korábbi, bezárt vegyi üzemek területeinek teljes felmérésére sem.

A víz minőségét illetően elsődlegesen a 201/2001. (X. 25.) Korm. rendelet előírásait kell figyelembe venni. Példákon keresztül igazoltam, hogy ez a rendelet azonban, ahogy a 6/2009. (IV. 14.) KvVM-EüM-FVM együttes rendelet is komoly jogszabályi hézagokkal rendelkezik, amelyek a megvalósításnál minden bizonnyal kiütköznek.

Rávilágítottam a vízbázisok és a vízkivételi mű fogalma közötti különbségekre és a hozzájuk kapcsolódó kockázati tényezőkre. Amennyiben továbbra is csak a vízkivételi művek kerülnek védelem alá, a vízbázisok nem, akkor egyes kritikus helyzetekben ezek után is kitesszük a lakosságot annak a bizonytalansági tényezőnek, amellyel az egyes vízbázisok akár ideiglenes kiesése vagy a manipulálása jár.

A kutatási eredményeim és a felmerült tények birtokában arra az eredményre jutottam, hogy éppen a vízvédelem területén jellemző hatósági, ellenőrzési és engedélyezési megosztottság nem teszi lehetővé a fenntartható víztisztítási és kárelhárítási módszerek térnyerését.

## **ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK, TÉZISEK**

1. Elemzéssel, rendelkezésre álló adatok feldolgozásával és összehasonlításával, vizsgálatokkal bizonyítottam a felszín alatti ivóvízbázisaink sérülékenységet, illetve könnyű manipulálhatóságát. Meghatároztam a kockázati tényezőket, figyelembe vételük fontosságát a vízbiztonsági tervezésben, rávilágítva, hogy ezeket a lakossági vízellátás környezeti kockázatainak felmérésében nem veszik eléggé figyelembe.
2. Elemzéssel igazoltam, hogy a vízminőségi és vízbiztonsági tervezéshez szükséges kötelezettségeket megfogalmazó jelenleg hatályos 201/2001. (X. 25.) Korm. rendelet, illetve a határértékeket rögzítő 6/2009. (IV. 14.) KvVM-EüM-FVM együttes rendelet jogszabályi szinten nem biztosít teljes mértékű támogatást.

Bemutatva a vízminősítés hazai gyakorlatát, felhívtam a figyelmet arra, hogy adott formájában a vízminősítés rendszere nem állja meg a helyét, a szabványosított minősítési eljárás idejétmúlt, ráadásul nem is tölti be maradéktalanul a funkcióját. Megtalálva a jogszabályi hézagokat és hiányosságokat, javaslatot tettem műszaki megoldásokra, meghatároztam a fejlesztés szükséges irányait.

3. A létfontosságú rendszerelemek kijelölési rendeletének vizsgálatával és az abban foglalt számszerű adatok elemzésével, illetve a hazánkban található vízművek műszaki adatainak és az elmúlt időszakban bekövetkezett szennyezések szembeállításával bizonyítottam, hogy a kijelölési rendelet nem tudja betölteni szerepét. A kijelölésre szánt létfontosságú rendszerelemek listáját megismervén rámutattam arra is, hogy a bemutatott szennyezések tekintetében szintén nem kapnak kielégítő védelmet a vízbázisaink. Ezekre alapozva meghatároztam azoknak a paramétereknek a körét, amelyeket pontosításként beépítve a jogszabályokba a fenti hézagok kiküszöbölhetővé válnak.
4. A felszín alatti vizek tisztítási módszereinek összehasonlító és leíró elemzésével meghatároztam, hogy a bioremediációs eljárások a hagyományos fizikai és kémiai eljárásokkal szemben milyen előnyöket hordoznak, ezért alkalmazásuk a fenntarthatósági kérdések tekintetében miért kívánatos. A kárelhárítási módszerek megválasztásának területén funkcionáló intézmények feladatköreinek összevetésével rávilágítottam az átfedésekre, illetve a szervezetek közötti együttműködések hiányosságaira, és nevesítettem a lehetséges központi irányítás vagy koordináció szervét.

## KUTATÁSI EREDMÉNYEK GYAKORLATI FELHASZNÁLHATÓSÁGA

Kutatásom során elsődlegesen olyan észrevételekre, hiányosságokra és ellentmondásokra kerestem a választ az ivóvízbiztonsággal, a kritikus infrastruktúra védelemmel és a vízminősítéssel kapcsolatban, amelyek a hazai jogszabályokban nem megfelelően kerülnek szabályozásra. Ezen észrevételek több jogi szabályozási területen is figyelemfelkeltőek lehetnek, alapot adhatnak a jogszabályi háttér megváltoztatásához. A megfelelő szabályozási változások hatékonyabb védelmet generálhatnak, alkalmazásukkal biztonságosabb vízminősítés érhető el.

Kutatási eredményeim gyakorlatba való átültetése egyrészt a kockázati tényezők más irányú elemzéséhez köthetők:

Az értekezésemben kiemeltem számos olyan területet, amelyek a felszín alatti vízbázisok védelménél csak érintőlegesen vagy egyáltalán nem kerülnek figyelembevételre, jóllehet olyan kockázati tényezőket jelentenek, amelyeket igenis javasolt lenne figyelembe venni.

Másodsorban felhívtam a figyelmet jó néhány olyan pontra, amelyek a jogszabályi háttérben nem megfelelően kerültek megfogalmazásra, vagy a horizontális kritériumok esetében számszerűsítésre. Mind az ivóvízminőség területén, mind a létfontosságú rendszerelemek kijelölésével kapcsolatban, amennyiben ezek a jogszabályi háttér megalkotásánál figyelembevételre kerülnek, hatékonyabb védekezést, illetve egészséges és biztonságos ivóvizet biztosíthatnak.

Természetesen nem teljességében, de kivonatolt formában, az egyes fejezetek részletei alkalmasak ismeretterjesztési és lakosságtájékoztatási funkció betöltésére is.

## AJÁNLÁSOK

Dolgozatom eredményeit ajánlom elsősorban a jogszabályalkotók figyelmébe. A már rendelkezésre álló tapasztalatok és útmutatók mellett ez az értekezés is alapul szolgálhat a már meglévő jogszabályi háttér átdolgozásakor, javításakor. A megállapításaim és észrevételeim elősegíthetik, hogy a létrejövő új jogi szabályozók kevesebb ellentmondással, hiányossággal és hibával kerülhessenek benyújtásra a bizottsági szakvéleményezés, majd jóváhagyás céljára. A már meglévő előírások, rendeletek kötelező felülvizsgálata során is tanáccsal és észrevételekkel szolgálhat az értekezésem áttekintése.

Emellett javaslom elolvasását mindazon személyeknek és cégeknek, akik vízkárelhárítással és szennyvíztisztítással foglalkoznak, felhívva a figyelmet arra, hogy fenntartható életmódunk érdekében helyezték előtérbe a biológiai kárelhárítási módszereket. A szennyvíztisztítás területén is kívánatos a biológiai módszerek bevetése, hiszen az eleveniszapos, biológiai eljárásmodon alapuló technológia jóval hatékonyabban hozzáfér a vízben megtalálható gyógyszermaradványokhoz, hormonokhoz.

Ajánlom disszertációm a katasztrófavédelmi oktatási rendszer számára, mind az általános, vízhez köthető tárgyak –pl. kémia- oktatásához, mind a vízszennyezésekkel kapcsolatos, mélyebb szakmai ismereteket (víztisztítás, környezetvédelem, stb.) igénylő előadásokhoz azon oktatók részére is, akik adott területen előadásokat tartanak a felsőoktatási intézményekben.



Ahogy a gyakorlati felhasználhatóság fejezetnél is rámutattam, ajánlom azon cégeknek és szakembereknek, akik lakosságtájékoztatási és ismeretterjesztési feladatokkal foglalkoznak.

## TÉMAKÖRBŐL KÉSZÜLT PUBLIKÁCIÓIM

Lektorált folyóiratban megjelent cikkek

- Hegedűs Hajnalka: AUSWIRKUNG VON FEUERTECHNISCHEN EINGRIFFEN, **HADMÉRNÖK XIII:** (KÖFOP különszám) pp.62-76. (2018)
- Hegedűs Hajnalka: A FELSZÍN ALATTI VIZEK SZENNYEZÉSEINEK ELTÁVOLÍTÁSA, A VÍZMINŐSÉGI KÁRELHÁRÍTÁS MÓDSZEREI 2. RÉSZ, **HADMÉRNÖK XII:(2)** pp. 151-162 (2017)
- Hegedűs Hajnalka: A MAGYAR HONVÉDSÉG FENNTARTHATÓSÁGI TÖREKVÉSEI A HULLADÉKGAZDÁLKODÁS TERÉN, **MŰSZAKI KATONAI KÖZLÖNY, XXVII:** (3) pp. 224-238 (2017)
- Hegedűs Hajnalka: A FELSZÍN ALATTI VIZEK SZENNYEZÉSEINEK ELTÁVOLÍTÁSA, A VÍZMINŐSÉGI KÁRELHÁRÍTÁS MÓDSZEREI 1. RÉSZ, **HADMÉRNÖK XII:(1)** pp. 72-83. (2017)
- Hegedűs Hajnalka: A HADERŐ ÉS A HÁBORÚS KONFLIKTUSOK VÍZKÉSZLETEKET, VÍZMINŐSÉGET BEFOLYÁSOLÓ SZEREPE, **HADMÉRNÖK 2016/1.:** pp. 79-88. (2016)
- Hegedűs Hajnalka: WETLAND ECOSYSTEMS IN HUNGARY'S NATURE CONSERVATION AREAS AND PROBLEMS RELATING TO THEIR ECONOMIC UTILIZATION, FROM THE ASPECT OF NATURE CONSERVATION, **ACADEMIC AND APPLIED RESEARCH IN MILITARY AND PUBLIC MANAGEMENT SCIENCE 15:(2)** pp. 121-140. (2016)
- Hegedűs Hajnalka (95 %) – Dr. Dobor József: ОСОБЕННОСТИ ГИДРОКСИДА НАТРИЯ, ЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЕ, ЗНАЧЕНИЕ В НАШИ ДНИ, **HADMÉRNÖK X.:(1)** pp. 79-91. (2015)
- Hegedűs Hajnalka: AZ IVÓVÍZBÁZISOK MINT KRITIKUS INFRASTRUKTÚRA- ELEMÉK KIJELÖLÉSÉVEL KAPCSOLATOS PROBLÉMÁK, **TÁRSADALOM ÉS HONVÉDELEM XIX. évf.:(2015/2)** pp. 113-126. (2015)
- Dobor József, Grósz Zoltán, Szendi Rebeka, Hegedűs Hajnalka (10 %): ÜBER DIE BELANGE DER BILDUNG NATURWISSENSCHAFTLICHER FÄCHER FÜR DIE STUDIENGÄNGE DES KATASTROPHENMANAGEMENTS IM HOCHSCHULWESEN UNGARNS, **HADTUDOMÁNYI SZEMLE 7:(4)** pp. 133-141. (2014)

## IRODALOMJEGYZÉK:

- [1] A Föld vízkészlete, Észak-magyarországi Regionális Vízművek ZRt. honlapja, Online: <https://www.ervzrt.hu/a-vizrol/a-fold-vizkeszlete/>, letöltve: 2018. január 08.
- [2] Piotr Wolski, Bruce Hewitson, Chris Jack: Why Cape Town's drought was so hard to forecast, Online: <http://theconversation.com/why-cape-towns-drought-was-so-hard-to-forecast-84735>, letöltve: 2017. november 30.
- [3] Kuti Rajmund, Takács Krisztina: Fenntartható vízellátás biztosításának aktuális kérdései, Védelemtudomány, II. évf. 2.sz., 2017, pp.304-317
- [4] Fenntartható mezőgazdasági rendszerek és környezettechnológia, Online: [http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0032\\_fenntarthato\\_mg\\_rendszerek\\_es\\_kornyezettechnologia/ch13.html](http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0032_fenntarthato_mg_rendszerek_es_kornyezettechnologia/ch13.html), letöltve: 2016. január 30.
- [5] Pregun Csaba, Juhász Csaba: Vízhányó, Debreceni Egyetem Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar, Víz- és Környezetgazdálkodási Intézet, E-jegyzet, Online: [http://www.agr.unideb.hu/ebook/vizminoseg/a\\_hidrolgiai\\_krfolyamat\\_s\\_a\\_vzkszletek.html](http://www.agr.unideb.hu/ebook/vizminoseg/a_hidrolgiai_krfolyamat_s_a_vzkszletek.html), letöltve: 2016. január 18.
- [6] Szennyező anyagok szaghatásai, Debreceni Egyetem-MÉKK / Pannon Egyetem-GK, Online: [http://www.georgikon.hu/tanszekek/meteor/tamop/tamop11c/15\\_eloadas.pdf](http://www.georgikon.hu/tanszekek/meteor/tamop/tamop11c/15_eloadas.pdf), letöltve: 2016. március 13.
- [7] Rácz Istvánné: Vízkémia II., SZIE, 2011, E-tankönyv, Online: [http://www.tankonyvtar.hu/en/tartalom/tamop412A/2010-0019\\_Vizkemia\\_II/ch05.html](http://www.tankonyvtar.hu/en/tartalom/tamop412A/2010-0019_Vizkemia_II/ch05.html), letöltve: 2016. augusztus 15.
- [8] A Bizottság 2003/40/EK irányelve a természetes ásványvizek jegyzékének, koncentrációs értékeinek és címkézési követelményeinek, valamint a természetes ásványvizek és forrásvizek ózonnal dúsított levegővel való kezelésére vonatkozó feltételeinek megállapításáról, Online: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/?qid=1404727963138&uri=CELEX:32003L0040>, letöltve: 2018. január 18.
- [9] Zseni Anikó: A környezetvédelem ökológiai alapjai, Online: <http://www.sze.hu/~horvbal/Kv2.pdf>, letöltve: 2017. január 18.
- [10] Nyitray László, Pál Gábor (szerk.): A biokémia és molekuláris biológia alapjai, ELTE-TTK, E-jegyzet, Online: [http://ttktamop.elte.hu/online-tananyagok/a\\_biokemia\\_es\\_molekularis\\_biologiai\\_alapjai/](http://ttktamop.elte.hu/online-tananyagok/a_biokemia_es_molekularis_biologiai_alapjai/) letöltve: 2017. január 18.
- [11] Dégen Imre és tsai (szerk.): Vízgazdálkodási lexikon, Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 1970
- [12] Agrárodal, eutrofizáció, Online: <http://www.agraroldal.hu/eutrofizalodas-kifejezes.html>, letöltve: 2016. május 30.
- [13] Kovács Endre, Paripás Béla: Fizika I. Miskolci Egyetem Földtudományi Kar, 2011, E-tankönyv, Online: [http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0033\\_SCORM\\_GEFIT6101/sco\\_10\\_04.htm](http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0033_SCORM_GEFIT6101/sco_10_04.htm), letöltve: 2016. május 30.
- [14] John R. Rumble (Editor): CRC Handbook of Chemistry and Physics, 44. kiadás, p.2390, CRC-Press, Online: <http://hbcponline.com/>, letöltve: 2016. január 30.
- [15] Hancz Csaba: Haltenyésztés, Egyetemi jegyzet, Kaposvár, 2007. p.16.

- [16] Varga Miklós, Váradi József: Vízvisszatartás – tározás – vidékfejlesztés, MTA Történettudományi Intézet – MTA Társadalomkutató Központ, Budapest, 2010
- [17] Bartholy Judit, Mészáros Róbert (szerk.): Meteorológiai Alapismeretek, ELTE-TTK, 2013. E-jegyzet, Budapest, Online: <http://elte.prompt.hu/sites/default/files/tananyagok/MeteorologiaAlapismeretek/ch06s02.html>, letöltve: 2016. január 30.
- [18] Gribovszki Zoltán: Mezőgazdasági infrastruktúra alapjai 7., A vízrendezés, mint a komplex vízgazdálkodás része: Hidrológiai és hidraulikai alapok, Nyugat-magyarországi Egyetem, 2010, E-tankönyv, Online: [http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0027\\_MGIN7/ch01s04.html#id527358](http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0027_MGIN7/ch01s04.html#id527358), letöltve: 2014. február 28.
- [19] Szilávik Lajos, Sziebert János, Zellei János: Hidrológia, Hidraulika, Szent István Egyetem, 2002, Online: [http://www.ontozesmuzeum.hu/Hidrologia-hidraulika\\_h.htm#\\_Toc27209351](http://www.ontozesmuzeum.hu/Hidrologia-hidraulika_h.htm#_Toc27209351), letöltve: 2016. január 30.
- [20] Sárvári Attila: Környezetegészségtan, Debreceni Egyetem, 2011, E-tankönyv, Online: [http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0019\\_1A\\_Kornyezetegeszsegtan/ch03s03.html](http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0019_1A_Kornyezetegeszsegtan/ch03s03.html), letöltve: 2016. január 30.
- [21] Earth System Knowledge Platform honlapja: Die Albedo Rückstrahlung, Online: <https://www.eskp.de/albedo/>, letöltve: 2018. január 28.
- [22] Tóth Antal: Magyarország és a Kárpát-medence regionális társadalomföldrajza, EKF, 2011, E-tankönyv, Online: [http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0038\\_foldrajz\\_TohtAntal/ch01s03.html](http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0038_foldrajz_TohtAntal/ch01s03.html), letöltve: 2018. január 28.
- [23] Hegedűs Hajnalka: Wetland ecosystems in Hungary's nature conservation areas and problems relating to their economic utilization, from the aspect of nature conservation, AARMS 15:(2) 2016, pp. 121-140.
- [24] Szilágyi Ferenc, Fleit Ernő: Mérnökökológia, BME Vízi Közmű és Környezetmérnöki Tanszék, Budapest, 2011, E-jegyzet, Online: [http://www.vkkt.bme.hu/feltoltesek/2011/08/m%C3%A9rn%C3%B6k%C3%B6kol%C3%B3gia\\_hefop.pdf](http://www.vkkt.bme.hu/feltoltesek/2011/08/m%C3%A9rn%C3%B6k%C3%B6kol%C3%B3gia_hefop.pdf), letöltve: 2015. október 31.
- [25] Az Észak-Dunántúli Vízügyi Igazgatóság honlapja: Felszín alatti vizek, Online: [http://www.edukovizig.hu/felszin\\_alatti\\_vizek](http://www.edukovizig.hu/felszin_alatti_vizek), letöltve: 2014. január 15.
- [26] Dévai György (szerk.): Vizi és vizes élőhelyes sajátosságai és tipológiája, KLTE, Ökológiai tanszék, 1998, pp.23-26
- [27] Ramsari Egyezmény, forrás: <http://www.termeszetvedelem.hu/ramsari-egyezmeny>, letöltve: 2015. november 11.
- [28] KöM 2002a): Lápok. – Nemzeti Ökológiai Hálózat 3., a Környezetvédelmi Minisztérium Kiadványa, Budapest
- [29] Ángyán József: Védett és érzékeny természeti területek mezőgazdálkodásának alapjai, Mezőgazda kiadó, 2003
- [30] Molnár Zsófia: Az Alsó-Tisza-völgyi holtágak tájvizsgálata és tájrehabilitációs elvei , Phd értekezés, Corvinus Egyetem, Budapest, 2013, forrás: [http://phd.lib.uni-corvinus.hu/711/1/Molnar\\_Zsofia.pdf](http://phd.lib.uni-corvinus.hu/711/1/Molnar_Zsofia.pdf), letöltve: 2015. október 30.

- [31] Környezetvédelmi információ honlapja, a BME ABÉT Környezeti és Mikrobiológiai és Biotechnológiai Csoport projektje, Online: <http://enfo.agt.bme.hu/drupal/> letöltve: 2014. január 26.
- [32] Az Európai Parlament és a Tanács 2000/60/EK irányelve, azaz a Víz keretirányelv, Online: [http://www.euvki.hu/docs/VKI\\_en\\_hu\\_hivatalos\\_20040901.pdf](http://www.euvki.hu/docs/VKI_en_hu_hivatalos_20040901.pdf), letöltve: 2017. február 19.
- [33] Felszín alatti vizek elhelyezkedése, Online: [http://images.slideplayer.hu/8/2055570/slides/slide\\_2.jpg](http://images.slideplayer.hu/8/2055570/slides/slide_2.jpg), letöltve: 2016. január 30.
- [34] Hatásvizsgálat a helyes mezőgazdasági gyakorlat Magyarország teljes területére történő kiterjesztéséről, Online: <http://www.kormany.hu/download/2/c7/11000/Hat%C3%A1svizsg%C3%A1lat%20a%20Helyes%20Mez%C5%91gazdas%C3%A1gi%20Gyakorlat%20Magyarorsz%C3%A1g%20teljes%20ter%C3%BClet%C3%A9re%20t%C3%B6rt%C3%A9n%C5%91%20kiterjeszt%C3%A9s%C3%A9r%C5%91.pdf>, letöltve 2014. március 13.
- [35] 123/1997. (VII. 18.) Korm. rendelet a vízbázisok, a távlati vízbázisok, valamint az ivóvízellátást szolgáló vízellátási létesítmények védelméről, Online: [net.jogtar.hu/jr/gen/hjegy\\_doc.cgi?docid=99700123.KOR](http://net.jogtar.hu/jr/gen/hjegy_doc.cgi?docid=99700123.KOR), letöltve: 2014. április 2.
- [36] Különböző vízbázisok Magyarországon, Online: [http://www.maviz.org/fogyasztói\\_informaciok/honnan\\_ered\\_a\\_csapviz\\_magyarorszagon](http://www.maviz.org/fogyasztói_informaciok/honnan_ered_a_csapviz_magyarorszagon), letöltve: 2016. március 30.
- [37] György István: Vízügyi létesítmények kézikönyve, Műszaki könyvkiadó, Budapest, 1974
- [38] Léczfalvy Sándor: Vízbeszerzés, vízellátás forrásokból, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1966, p.69.
- [39] Tamás Pál, Bulla Miklós (szerk.): Sebezhetőség és adaptáció, MTA Szociológiai Kutatóintézet, Budapest, 2011, Online: [https://jak.ppke.hu/uploads/articles/11851/file/Sebezhet%C5%91s%C3%A9g\\_teljes%20k%C3%B6tet.pdf](https://jak.ppke.hu/uploads/articles/11851/file/Sebezhet%C5%91s%C3%A9g_teljes%20k%C3%B6tet.pdf), letöltve: 2016. január 30.
- [40] Rakonczai János: Az Alföld tájváltozásai és a klímaváltozás. In: Rakonczai János (szerk.): Környezeti változások és az Alföld. Nagyalföld alapítvány. Békéscsaba, 2011, pp. 137-148.
- [41] Harnos Zsolt, Csete László (szerk.): Klímaváltozás: környezet-kockázattársadalom, Szaktudás Kiadó Ház, Budapest, 2008
- [42] Gyulai Iván: A fenntartható fejlődés, Online: [www.mtvsh.hu/dynamic/fenntart/ff\\_magyarorszaghelyezete.pdf](http://www.mtvsh.hu/dynamic/fenntart/ff_magyarorszaghelyezete.pdf), letöltve: 2016. december 17.
- [43] A Földművelésügyi Minisztérium beszámolója: Globális megatrendek környezeti hatásai Magyarországon, 2017. május, online: [https://eionet.kormany.hu/download/9/e8/e1000/Globalis\\_megatrendek.pdf](https://eionet.kormany.hu/download/9/e8/e1000/Globalis_megatrendek.pdf), letöltve: 2018. január 26.
- [44] Angyal és társai: A környezetvédelem alapjai. Typotex Kiadó, 2012. p.139.
- [45] Hegedűs Hajnalka: Magyarország felszíni és felszín alatti vizei, az egyes veszélyeztető tényezők és a vízkészletek védelme, Diplomamunka, Konzulens: Dr. Dobor József, NKE Katasztrófavédelmi Intézet, Budapest, 2014.

- [46] Szűcs Péter: Hidrogeológia a Kárpát-medencében, Online: <http://www.matud.iif.hu/2012/05/06.htm>, letöltve: 2015. november 03.
- [47] Mádlné Dr. Szőnyi Judit (szerk.): Hidrogeológia, ELTE TTK, 2013, E-tankönyv, Online: <http://elte.prompt.hu/sites/default/files/tananyagok/Hidrogeologia/index.html>, letöltve: 2018. január 06.
- [48] BM Közlemény Magyarország Árvízi Országos Kockázatkezelési Tervéről, Online: [http://net.jogtar.hu/jr/gen/hjegy\\_doc.cgi?docid=a16k0141.bm&timeshift=ffffff4&txtreferer=00000001.txt](http://net.jogtar.hu/jr/gen/hjegy_doc.cgi?docid=a16k0141.bm&timeshift=ffffff4&txtreferer=00000001.txt), letöltve: 2018. január 30.
- [49] Padányi József: A NATO-tagság hatása a Magyar Honvédség szárazföldi csapatai műszaki támogatásának elméletére és gyakorlatára, MTA doktori értekezés, 2007, p.204.
- [50] Az Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság honlapja: Belvíz, Online: [http://www.katasztrofavedelem.hu/index2.php?pageid=lakosság\\_kattipus\\_belviz](http://www.katasztrofavedelem.hu/index2.php?pageid=lakosság_kattipus_belviz), letöltve: 2018. január 28.
- [51] Robert Guderian, Günter Gunkel (Hrsg.): Handbuch der Umweltveränderungen und Ökotoxikologie, Aquatische Systeme, Band 38, Springer Verlag Berlin Heidelberg, 2000
- [52] Árvíz, belvíz, aszály, Online: <http://www.kvvm.gov.hu/index.php?pid=10&sid=56>, letöltve: 2016. január 30.
- [53] KSH: A fenntartható fejlődés indikátorai Magyarországon 2016, a Központi Statisztikai Hivatal kiadója, Budapest, 2017, p.120
- [54] Pálvölgyi Tamás és társai: A kistérségi szintű éghajlatváltozási sérülékenységvizsgálat módszere és eredményei, Klíma 21 Füzetek, 62. 2010, pp. 88-102
- [55] A Vidékfejlesztési Minisztérium VAHAVA jelentése, Online: <http://klima.kvvm.hu/documents/14/VAHAVAosszefoglalas.pdf>, letöltve: 2018. január 26.
- [56] Horváth Erzsébet: A talajvízvédelem általános kérdései, Pannon Egyetem, Mérnöki Kar, Környezetmérnöki Intézet, Veszprém, Online: [http://www.sija.hu/letoltesek/horvath\\_erszebet\\_a\\_talajviz\\_vedelem\\_altalanos\\_kerdesei.pdf](http://www.sija.hu/letoltesek/horvath_erszebet_a_talajviz_vedelem_altalanos_kerdesei.pdf), letöltve: 2016. január 30.
- [57] A hulladékok környezetmenedzsmentje, Url: <http://enfo.agt.bme.hu/drupal/keptar/628>, letöltve: 2017. február 01.
- [58] A Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium honlapja: A veszélyes hulladék kezelése, Online: [http://www.kvvm.hu/szakmai/hulladeggazd/hulladeggazdalkodas/veszhull\\_kezelese.html](http://www.kvvm.hu/szakmai/hulladeggazd/hulladeggazdalkodas/veszhull_kezelese.html), letöltve: 2018. január 28.
- [59] Szemét és hulladék, Online: <http://kornyeztbarat.hulladegboltermek.hu/hulladeg/hulladeg/>, letöltve: 2017. február 01.
- [60] Padányi József, Földi László: Environmental responsibilities of the military, soldiers have to be „Greener Berets”. Economics and Management, Published by the University of Defence in Brno, VIII. évf. 2. Szám, pp. 48-56., Online: [http://www.unob.cz/eam/Documents/Archiv/EaM\\_2\\_2014/Padynyi\\_Foldi.pdf](http://www.unob.cz/eam/Documents/Archiv/EaM_2_2014/Padynyi_Foldi.pdf), letöltve: 2016. január 30.

- [61] Aszódi Attila: A szegényített urán lövedékek működése és hatása Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Nukleáris Technikai Intézet, Budapest, 2001. Online: <http://www.jm.bme.hu/archiv/aktual/uranhatasai.html>, letöltve: 2015. január 27.
- [62] Tamás János: Agrárium és környezetgazdálkodás, Mezőgazda kiadó (2008) p.83.
- [63] Gönczy Gergely: A vietnámi háború folyamán elszennvedett kártételek ökológiai eredetű vonatkozásai, *Economica – a Szolnoki Főiskola Tudományos Közleményei*, VIII. Új Évfolyam 3. szám, pp.115-121.
- [64] Jeffrey Pollack: Oil Spill: After the Deluge, *Duke Magazine*, 2003. Online: <http://www.dukemagazine.duke.edu/dukemag/issues/030403/oil1.html>, letöltve: 2015. január 16.
- [65] Policiklusos aromás szénhidrogének, [Kockázatos.hu](http://kockazatos.hu), Online: <http://kockazatos.hu/anyag/policiklusos-arom%C3%A1s-sz%C3%A9nhidrog%C3%A9nek>, letöltve: 2015. január 16.
- [66] Molar Chemicals Kft. honlapja, Online: <http://www.molar.hu/>, 2016. október 07.
- [67] Háborúk csendes áldozatai, *Origo*, Online: <http://www.origo.hu/tudomany/20091228-haboruk-csendes-aldozatai-koszovo-obolhaboru-esoerdok-dzsungel-orvvadaszat.html>, letöltve: 2015. január 15.
- [68] 24/2005. (VI. 30.) HM rendelet a Magyar Honvédség Szabályzatának kiadásáról, Online: [http://net.jogtar.hu/jr/gen/hjegy\\_doc.cgi?docid=A0500024.HM](http://net.jogtar.hu/jr/gen/hjegy_doc.cgi?docid=A0500024.HM), letöltve: 2016. szeptember 18.
- [69] Hegedűs Hajnalka: A Magyar Honvédség fenntarthatósági törekvései a hulladékgazdálkodás terén, *Műszaki Katonai Közlöny*, (2017), XXVII: (3) pp. 224-238
- [70] 57/2013. (II.27.) Korm. rendelet a telepengedély, illetve a telep létesítésének bejelentése alapján gyakorolható egyes termelő és egyes szolgáltató tevékenységekről, valamint a telepengedélyezés rendjéről és a bejelentés szabályairól, letöltve: [https://net.jogtar.hu/jr/gen/hjegy\\_doc.cgi?docid=a1300057.kor](https://net.jogtar.hu/jr/gen/hjegy_doc.cgi?docid=a1300057.kor), online: 2016. április 03.
- [71] 2009. évi LXXVI. tv. a szolgáltatási tevékenység megkezdésének és folytatásának általános szabályairól, online: <http://net.jogtar.hu/jr/gen/getdoc2.cgi?dbnum=1&docid=A0900076.TV>, letöltve: 2016. február 28.
- [72] Tavaszi áradás, Online: <http://www.szeretlekmagyarorszag.hu/irdatlan-mennyisegu-szemetet-sodort-magaval-az-olvadozo-tisza/>, letöltve: 2017. március 31.
- [73] Börtönt kaptak mérgezésért, Online: [www.mno.hu/migr-1834/bortont kaptak mergezesert-304687](http://www.mno.hu/migr-1834/bortont-kaptak-mergezesert-304687), letöltve: 2015. szeptember 29.
- [74] Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium: Kármentesítési kézikönyv4, 1. melléklete: <http://www.kvvm.hu/szakmai/karmentes/kiadvanyok/karmkezikk4/4-1m.htm>, letöltve: 2017. április 16.
- [75] Műszeroldal, mérés-technikai információs honlap: Szennyezőanyagok szemcsemérete, Online: <http://www.muszeroldal.hu/assistance/vizszennyezok.pdf>, letöltve: 2016. augusztus 15.
- [76] Szűcs Péter, Sallai Ferenc, Zákányi Balázs, Madarász Tamás (szerk.): *Vízkezelés-védelem - A vízminőségvédelem aktuális kérdései*, Bíbor Kiadó, 2009

- [77] Farsang Andrea: Talajvédelem, E-tankönyv, Online: [http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0021\\_Talajvedelem/ch04s04.html](http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0021_Talajvedelem/ch04s04.html), letöltve: 2016. augusztus 15.
- [78] Dávidovits Zsuzsanna: A lakossági ivóvízellátás környezetbiztonsági kockázatai csökkentésének lehetőségei és az ivóvízbiztonsági tervezés kapcsolatrendszere, PhD értekezés, 2015, Online: [http://hbk.uni-nke.hu/uploads/media\\_items/davidovits-zsuzsanna-phd.original.pdf](http://hbk.uni-nke.hu/uploads/media_items/davidovits-zsuzsanna-phd.original.pdf), letöltve: 2016. június 1.
- [79] Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium: Veszélyes hulladékok a háztartásokban, Online: [http://www.kvvm.hu/szakmai/hulladegazd/cd\\_html/veszhull.htm#kulonlegesek](http://www.kvvm.hu/szakmai/hulladegazd/cd_html/veszhull.htm#kulonlegesek), letöltve: 2016. június 1.
- [80] Barótfi István: Környezettechnika, Mezőgazda Kiadó, E-tankönyv, Online: <http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tkt/kornyezettechnika-eloszo/ch04s02.html>, letöltve: 2016. június 1.
- [81] A biológiai szűrés alapja – nitrifikáció, Online: <http://www.nigro.hu/2010/09/12/a-biologiai-szures-alapja-nitrifikacio/>, letöltve: 2016. június 1.
- [82] Nitrogén, Online: <http://www.vilaglex.hu/Kemia/Html/Nitrogen.htm>, letöltve: 2016. június 1.
- [83] Horváth Erzsébet: Talaj- és talajvízvédelem, E-tankönyv, Online: [http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0021\\_Talajvizvedelem/ch01s05.html](http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0021_Talajvizvedelem/ch01s05.html), letöltve: 2016. június 1.
- [84] Határérték feletti szennyezett ivóvízbázisok Magyarországon, Online: <http://vizmegoldas.hu/wp-content/uploads/2013/04/hol-szennyezett-az-ivoviz1.jpg>, letöltve: 2018. január 30.
- [85] Galambos Sándor: Vízforrás-2013, Online: [http://www.honvedelem.hu/cikk/35634\\_vizforras\\_2013](http://www.honvedelem.hu/cikk/35634_vizforras_2013), letöltve: 2018. január 08.
- [86] Amerika vádol, veszélyes a magyar csapvíz, Online: <https://www.hirado.hu/2017/07/31/amerika-vadol-veszelyes-a-magyar-csapviz/>, letöltve: 2018. január 08.
- [87] Fehér János és tsai: A máj, az epehólyag és az epeutak károsodásai, Online: <http://www.mvkepviselo.hu/konyv/18fejezet.pdf>, letöltve: 2014. január 21., p. 910
- [88] Egészség ismerettár, Online: <http://www.vitalitas.hu/konyvek/ve/ve8.htm>, letöltve: 2016. január 21.
- [89] Bíró Anna: Immuntoxikológia, Országos Kémiai Biztonsági Intézet Budapest, ELTE, TTK, 2011, Online: <http://slideplayer.hu/slide/2147795/>, letöltve: 2015. december 21.
- [90] Gémesi Zoltán: Radiológiai mérési módszerek, modellek alkalmazása természetes ökoszisztémák és az épített környezet vizsgálatára, Doktori értekezés, Szent István Egyetem, Környezettudományi Doktori Iskola, Gödöllő, 2008., pp. 25, 55, 75, 97.
- [91] Lexikon der Physik, Online: <http://www.spektrum.de/lexikon/physik/radionuklide/12017>, letöltve: 2016. szeptember 21.
- [92] A szennyvizek típusai, Fenntartható építés honlap, Online: [fenntarthato.hu](http://fenntarthato.hu), letöltve: 2016. január 21.



- [93] Vízminősítés, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Építőmérnöki kar, E-jegyzet, Online: <http://www.epito.bme.hu/vcst/oktatas/feltoltesek/BMEEOVK-L81/vizminosites.doc>, letöltve: 2014. január 21.
- [94] Konecsny Károly: A víz, mint erőforrás és kockázat, E-tankönyv, Online: [http://www.tankonyvtar.hu/en/tartalom/tamop425/0038\\_foldrajz\\_konecsnykaroly/ch01s02.html](http://www.tankonyvtar.hu/en/tartalom/tamop425/0038_foldrajz_konecsnykaroly/ch01s02.html), 2016. április 21.
- [95] 31/2004. (XII. 30.) KvVM rendelet a felszíni vizek megfigyelésének és állapotértékelésének egyes szabályairól, Online: [https://net.jogtar.hu/jr/gen/hjegy\\_doc.cgi?docid=a0400031.kvv](https://net.jogtar.hu/jr/gen/hjegy_doc.cgi?docid=a0400031.kvv) letöltve: 2017. január 04.
- [96] MSZ 12749 szabvány, Online: [http://www.vkkt.bme.hu/feltoltesek/2012/03/msz\\_12749.pdf](http://www.vkkt.bme.hu/feltoltesek/2012/03/msz_12749.pdf), letöltve: 2016. január 21.
- [97] Országos Környezetvédelmi Információs Rendszer, Online: <http://okir.kvvm.hu/index.php?content=fevi>, letöltve: 2014. április 04.
- [98] Berek Tamás: ABV Védelmi alapismeretek, Jegyzet, ZMNE, 2010.
- [99] 10/2010. (VIII. 18.) VM rendelet a felszíni víz vízszennyezettségi határértékeiről és azok alkalmazásának szabályairól, Online: <https://agronaplo.hu/hirek/102010-viii-18-vm-rendelet>, letöltve: 2016. január 13.
- [100] Szilágyi Ferenc: A Víz Keretirányelv és a hidrobiológia, BME Vízi Közmű és Környezetmérnöki Tanszék, E-jegyzet, Online: <ftp://host2.hosting.bme.hu/Oktatas/Epito2000/Vizkemia%20es%20hidrobiologia/A%20Viz%20Keretiranyelv%20es%20a%20hidrobiologia%20javitott.doc>, letöltve: 2014. március 10., p.5.
- [101] Dunai szigetek ismeretterjesztő honlap, Online: [http://dunaiszigetek.blogspot.hu/2012\\_10\\_01\\_archive.html](http://dunaiszigetek.blogspot.hu/2012_10_01_archive.html), letöltve: 2014. január 22.
- [102] Simonffy Zoltán: A Vízügyi Keretirányelv hazai bevezetésével kapcsolatos feladatok. – MTA Vízgazdálkodási Kutatócsoport, témabeszámoló kézirat, 2001
- [103] A felszín alatti vizek állapota szerint érzékeny területek, a 2019/2004. (VII.21.) Kormányrendelet 2. melléklete, Online: [https://net.jogtar.hu/jr/gen/hjegy\\_doc.cgi?docid=a0400219.kor](https://net.jogtar.hu/jr/gen/hjegy_doc.cgi?docid=a0400219.kor), letöltve: 2018. január 28.
- [104] Az Európai Parlament és a Tanács 178/2002/EK rendelete az élelmiszerjog általános elveiről és követelményeiről, az Európai Élelmiszerbiztonsági Hatóság létrehozásáról és az élelmiszerbiztonságra vonatkozó eljárások megállapításáról, Online: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CONSLEG:2002R0178:20090807:HU:PDF>, letöltve: 2014. január 22.
- [105] 201/2001. (X. 25.) Korm. rendelet az ivóvíz minőségi követelményeiről és az ellenőrzés rendjéről, Online: [https://net.jogtar.hu/jr/gen/hjegy\\_doc.cgi?docid=a0100201.kor](https://net.jogtar.hu/jr/gen/hjegy_doc.cgi?docid=a0100201.kor), letöltve: 2015. január 02.
- [106] 430/2013. (XI. 15.) Korm. rendelet az ivóvíz minőségi követelményeiről és az ellenőrzés rendjéről szóló 201/2001. (X. 25.) Korm. rendelet módosításáról, Online: <https://www.opten.hu/430-2013-xi-15-korm-rendelet-j239883.html>, letöltve: 2018. január 28.

[107] 6/2009. (IV. 14.) KvVM-EüM-FVM együttes rendelet a földtani közeg és a felszín alatti víz szennyezéssel szembeni védelméhez szükséges határértékekről és a szennyezések méréséről, Online: [https://net.jogtar.hu/jr/gen/hjegy\\_doc.cgi?docid=a0900006.kvv](https://net.jogtar.hu/jr/gen/hjegy_doc.cgi?docid=a0900006.kvv), letöltve: 2017. február 01.

[108] Total Petroleum Hydrocarbon, Online: [http://enfo.hu/mokka/db2/glossary.php?lang=hu&show\\_hun=on&show\\_en=on&search\\_type=term&pattern=TPH](http://enfo.hu/mokka/db2/glossary.php?lang=hu&show_hun=on&show_en=on&search_type=term&pattern=TPH) letöltve: 2016. március 29.

[109] Policyclic Aromatic Hydrocabons, Online: [http://enfo.hu/mokka/db2/glossary.php?lang=hu&show\\_hun=on&show\\_en=on&search\\_type=term&pattern=PAH](http://enfo.hu/mokka/db2/glossary.php?lang=hu&show_hun=on&show_en=on&search_type=term&pattern=PAH) letöltve: 2016. március 29.

[110] Volatile Petroleum Hydrocarbons, Online: [http://enfo.hu/mokka/db2/glossary.php?glossary=glossary&lang=hu&search\\_hun=on&show\\_hun=on&show\\_en=on&pattern=VPH&search\\_type=term&char=&db\\_type=mysql&todel=](http://enfo.hu/mokka/db2/glossary.php?glossary=glossary&lang=hu&search_hun=on&show_hun=on&show_en=on&pattern=VPH&search_type=term&char=&db_type=mysql&todel=), letöltve: 2016. március 29.

[111] Extractable (Total) Petroleum Hydrocarbon, Online: [http://enfo.hu/mokka/db2/glossary.php?glossary=glossary&lang=hu&search\\_hun=on&show\\_hun=on&show\\_en=on&pattern=EPH&search\\_type=term&char=&db\\_type=mysql&todel=](http://enfo.hu/mokka/db2/glossary.php?glossary=glossary&lang=hu&search_hun=on&show_hun=on&show_en=on&pattern=EPH&search_type=term&char=&db_type=mysql&todel=) letöltve: 2016. március 29.

[112] Az Európai Tanács 2008/114/EK Irányelve az európai kritikus infrastruktúrák azonosításáról és kijelöléséről, valamint védelmük javítása szükségességének értékeléséről, Online: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:345:0075:0082:HU:PDF>, letöltve: 2015. március 27.

[113] 2012. évi CLXVI. törvény a létfontosságú rendszerek és létesítmények azonosításáról, kijelöléséről és védelméről. Online: <http://www.complex.hu/kzldat/t1200166.htm>. Letöltve: 2014. október 13.

[114] 65/2013. (III. 8.) Korm. rendelet a létfontosságú rendszerek és létesítmények azonosításáról, kijelöléséről és védelméről szóló 2012. évi CLXVI. törvény végrehajtásáról. Online: [http://net.jogtar.hu/jr/gen/hjegy\\_doc.cgi?docid=A1300065.KOR](http://net.jogtar.hu/jr/gen/hjegy_doc.cgi?docid=A1300065.KOR) Letöltve: 2014. október 13.

[115] Azonosítási jelentés, Online: <http://www.generisk.hu/azonositasi-jelentes.html>, letöltve: 2016. március 27.

[116] 21/2002. (IV. 25.) KöViM rendelet a víziközművek üzemeltetéséről, Online: [http://vizmuvek.hu/files/public/altalanos-pdf/rendelet\\_a\\_vizikozmuvek\\_uzemelteteserol.pdf](http://vizmuvek.hu/files/public/altalanos-pdf/rendelet_a_vizikozmuvek_uzemelteteserol.pdf), letöltve: 2015. március 27.

[117] 541/2013. (XII. 30.) Korm. rendelet a létfontosságú vízgazdálkodási rendszeremlékek és vízilétesítmények azonosításáról, kijelöléséről és védelméről, Online: [http://net.jogtar.hu/jr/gen/hjegy\\_doc.cgi?docid=A1300541.KOR](http://net.jogtar.hu/jr/gen/hjegy_doc.cgi?docid=A1300541.KOR), letöltve: 2015. március 27.

[118] Ivóvíz kiskaté, Lakossági tájékoztató a gyakran ismételt kérdésekről, az Országos Környezetegészségügyi Intézet Vízhigiénés és Vízbiztonsági Főosztály Ivóvíz munkacsoportjának tájékoztatója, 2012. november, Online: [http://oki.antsz.hu/files/dokumentumtar/vizes\\_GYIK\\_egyeztetett.pdf](http://oki.antsz.hu/files/dokumentumtar/vizes_GYIK_egyeztetett.pdf), letöltve: 2014. március 17., p.11.

- [119] Barátjukat akarták megmérgezni... Online: <http://www.kemma.hu/komarom-esztergom/kek-hirek-bulvar/baratjukat-akartak-megmergezni-ket-es-fel-ev-borton-lett-belole-228034>, letöltve: 2015. március 27.
- [120] A Gellért-hegy gyomrában, Online: [http://vizmuvek.hu/files/public/Fovarosi\\_vizmuvek/tarsasagi\\_informaciok/kiadvanyok/gruber\\_net.pdf](http://vizmuvek.hu/files/public/Fovarosi_vizmuvek/tarsasagi_informaciok/kiadvanyok/gruber_net.pdf), letöltve: 2017. január 30.
- [121] Fekete Endre: Vízhőszállítás, kárelhárítás, Online: <http://www2.ativizig.hu/karelhx/vizmin.aspx>, letöltve: 2014. március 27.
- [122] 219/2004. (VII. 21.) Kormányrendelet a felszín alatti vizek védelméről, online: [http://net.jogtar.hu/jr/gen/hjegy\\_doc.cgi?docid=A0400219.KOR](http://net.jogtar.hu/jr/gen/hjegy_doc.cgi?docid=A0400219.KOR), letöltve: 2015. március 27.
- [123] Nyíregyházi Egyetem honlapja: Szennyvíz és szennyvíztisztítás, Online: <http://www.nyf.hu/others/html/kornyezettud/kornykem1/szennyviz.htm>, letöltve: 2015. április 07.
- [124] Budapesti Műszaki Egyetem honlapja, Építőmérnöki Kar, Vízi Közmű és Környezetmérnöki Tanszék: Víz és szennyvíztisztítás, BME, 2004, E-jegyzet, Online: [http://www.epito.bme.hu/vcst/oktatas/feltoltesek/BMEEOVKASG3/hefop\\_asg3-viz\\_szennyviz\\_tiszt.pdf](http://www.epito.bme.hu/vcst/oktatas/feltoltesek/BMEEOVKASG3/hefop_asg3-viz_szennyviz_tiszt.pdf), letöltve: 2014. január 28.
- [125] Halász László – Földi László: Környezetvédelem II., ZMNE-BJKMK, ABV Tanszék, Budapest, 2007
- [126] Molnár Mónika: Szennyezett talaj ciklodextrinnel intenzifikált bioremediációja – a tervezéstől az alkalmazásig, PhD értekezés, BMGE, Budapest, 2006
- [127] EUGRIS: the European Groundwater and Contaminated Land Information, portal for soil and water management in Europe, Online: [eugris.info](http://eugris.info), letöltve: 2018. február 8.
- [128] Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium: Kármentesítési kézikönyv4, Kármentesítési technológiák, Budapest, 2001, forrás: <http://www.kvvm.hu/szakmai/karmentes/kiadvanyok/karmkezikk4/4-07.htm>, letöltve: 2015. április 16.
- [129] Education in Chemistry, Molekulamagazin, Online: <http://www.kfki.hu/~cheminfo/hun/tudakozo/mm/index.html>, letöltve: 2015.május 19.
- [130] Ulrich Förstner, Peter Grathwohl: Ingenieurgeochemie, Technische Geochemie - Konzepte und Praxis, Springer Verlag, 2003, p.244.
- [131] Reaktionswände und -barrieren im Netzwerkverbund, online: <http://www.rubin-online.de/deutsch/einleitung/wasist/> letöltve: 2015. május 22.
- [132] Kelemen László: Ipari vízgazdálkodás, BME jegyzet, Budapest, 2011., Online: [http://www.vkkt.bme.hu/feltoltesek/2012/01/ipari\\_viz.pdf](http://www.vkkt.bme.hu/feltoltesek/2012/01/ipari_viz.pdf). p.54., leöltve: 2016. március 27.
- [133] Dobor József – Hegedűs Hajnalka: Особенности гидроксида натрия, его использование, значение в наши дни, Hadmérnök, X. évfolyam, 1.sz., pp. 79-91.
- [134] Atzél Béla: Bioaugmentációs eljárások biológiai monitoringja, PhD értekezés, Szent István Egyetem, Gödöllő, 2008
- [135] Perei Katalin, Pernyeszi Tímea, Lakatos Gyula: Bioremediáció, Szegedi Tudományegyetem, 2012, TÁMOP-4.1.2.A/1-11/1 MSc Tananyagfejlesztés, p.77

- [136] Tóth Erika: Metilotróf és metanotróf baktériumok, E-jegyzet, Online: <http://elte.prompt.hu/sites/default/files/tananyagok/BevProkariotakVilagaba/ch10s03.html>, letöltve: 2015. május 22.
- [137] Szabó István: Remediációs eljárások a szennyezett vizek kárelhárításánál, SZIE Környezetbiztonsági és Környezettoxikológiai Tanszék, Gödöllő, 2015. március
- [138] Bihari Zoltán: Mikroorganizmusok alkalmazása az olajiparban – az Acinetobacter haemolyticus AR-46 jelű, új n-alkánbontó törzs izolálása és karakterizálása, PhD értekezés, Szegedi Tudományegyetem, 2006, p.72 és p.77
- [139] Talajvédelem-talajremediáció, Debreceni Egyetem, Pannon Egyetem, Agrárkörnyezetvédelem modul, TÁMOP 4.1.2-08/1/A-2009-0032 projekt, Online: [http://mta-taki.hu/sites/all/files/prints/taki\\_projektek\\_2001\\_2009\\_0.pdf](http://mta-taki.hu/sites/all/files/prints/taki_projektek_2001_2009_0.pdf), letöltve: 2015. május 18.
- [140] Fitoremediation, Online: <http://www.intechopen.com/source/html/46355/media/image1.jpeg>, letöltve: 2015. május 24.
- [141] Kátai János: Talajökológia, Debrecen, 2011, E-tankönyv, Online: [http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0010\\_1A\\_Book\\_adaptalt\\_01\\_Talajok\\_ologia/adatok.html](http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0010_1A_Book_adaptalt_01_Talajok_ologia/adatok.html), letöltve: 2015. május 22.
- [142] Lakatos Gyula: Fitoremediáció, Online: [www.kvvm.hu/cimg/documents/Lakatos\\_Gyula\\_Fitoremediacio.ppt](http://www.kvvm.hu/cimg/documents/Lakatos_Gyula_Fitoremediacio.ppt), letöltve: 2015. május 19.
- [143] Bioreaktor, Online: [http://www.unigiessen.de/fbz/fb08/Inst/lcb/img/img\\_symbole/bioreaktor.jpg/view](http://www.unigiessen.de/fbz/fb08/Inst/lcb/img/img_symbole/bioreaktor.jpg/view), letöltve: 2015. május 24.
- [144] Lajos G. Gazsó: The Key Microbial Processes in the Removal of Toxic Metals and Radionuclides from the Environment, Online: [http://www.omfi.hu/cejoem/Volume7/Vol7No3-4/CE01\\_3-4-03.html](http://www.omfi.hu/cejoem/Volume7/Vol7No3-4/CE01_3-4-03.html), letöltve: 2015. május 22.
- [145] Wetland, Online: <http://www.eautarcie.org/images/im002928.jpg>, letöltve: 2015. május 20.
- [146] 1995. évi LIII. törvény a környezet védelmének általános szabályairól, Online: [https://net.jogtar.hu/jr/gen/hjegy\\_doc.cgi?docid=99500053.TV](https://net.jogtar.hu/jr/gen/hjegy_doc.cgi?docid=99500053.TV), letöltve: 2017. május 20.
- [147] 1996. évi LIII. törvény a természet védelméről, Online: [https://net.jogtar.hu/jr/gen/hjegy\\_doc.cgi?docid=99600053.tv](https://net.jogtar.hu/jr/gen/hjegy_doc.cgi?docid=99600053.tv), letöltve: 2017. május 20.
- [148] 90/2007. (IV. 26.) Korm. rendelet a környezetkárosodás megelőzésének és elhárításának rendjéről, Online: [https://net.jogtar.hu/jr/gen/hjegy\\_doc.cgi?docid=a0700090.kor](https://net.jogtar.hu/jr/gen/hjegy_doc.cgi?docid=a0700090.kor), letöltve: 2017. május 20.
- [149] 91/2007. (IV. 26.) Korm. rendelet a természetben okozott károsodás mértékének megállapításáról, valamint a kármentesítés szabályairól, Online: [https://net.jogtar.hu/jr/gen/hjegy\\_doc.cgi?docid=a0700091.kor](https://net.jogtar.hu/jr/gen/hjegy_doc.cgi?docid=a0700091.kor), letöltve: 2017. május 20.
- [150] A vízügyi igazgatási és a vízügyi, valamint a vízvédelmi hatósági feladatokat ellátó szervek kijelöléséről szóló 223/2014. (IX. 4.) kormányrendelet, Online:

[https://net.jogtar.hu/jr/gen/hjegy\\_doc.cgi?docid=a1400223.kor](https://net.jogtar.hu/jr/gen/hjegy_doc.cgi?docid=a1400223.kor), letöltve: 2017.  
szeptember 02.

[151] A vízkárelhárítás fogalma, Online: <http://www.ovf.hu/hu/vizkarelharitas>,  
letöltve: 2017. július 22.

## Ábrák és táblázatok jegyzéke

### Ábrák

1. A vízmolekula szerkezeti adatai
2. Egyéb anyagok és a víz fázisdiagrammjai
3. A víz halmazállapotai és abból fakadó tulajdonságai
4. A víz körforgása
5. Az albedó hatás az egyes felszíni borítások tekintetében
6. A magyarországi vízmérlege, be- és kilépő felszíni vizek
7. A felszín alatti vizek elhelyezkedése
8. Parti szűrésű vizek Magyarországon
9. Különböző vízbázisok Magyarországon
10. Árvízveszélyes területek hazánkban - Az országos 1 %-os elöntési térkép
11. A különböző víziállat fajok tűrőképessége a pH változásával szemben
12. Magyarország aszályal érintett területeinek aránya a PAI index alapján
13. Hazánk éghajlati kitettsége, érzékenység, alkalmazkodóképesség és sérülékenység az aszály és szárazodás vonatkozásában
14. Az idei jeges árral kb. 10 foci pályányi, Ukrajnából érkezett szemét vonult le a Tiszán
15. A szennyezések vízben való megjelenése
16. Nitrogénciklus a természetben
17. A 2006-os határidő lejárta után is még továbbra határérték feletti szennyező anyagok.
18. A vízgazdálkodás iránti társadalmi szükségletek és azok összefüggései
19. Magyarország felszíni vizeinek minősége az oxigéntartalom tekintetében
20. A Duna vízgyűjtő területe
21. A felszíni és felszín alatti vizek minősítése
22. A biológiai, hidromorfológiai és fizikai-kémiai elemek szerepe az ökológiai állapot osztályba sorolásában
23. A felszín alatti vizek állapota szerint érzékeny területek
24. A TPH témakör problémái
25. A mérőműszerek érzékenységének és a rendeletben foglalt határértékeknek a kérdése
26. Ivóvíz előállításra használt vízforrás jellege Magyarországon

27. A Dél-pesti Szennyvíztisztító Telep felépítése
28. A szennyvíztisztítás általános folyamata
29. Részlet a Dél-pesti Szennyvíztisztító egyik üvegházában kialakított komplex ökoszisztémából
30. Permeábilis kezelőfal elhelyezése a szennyeződések továbbjutásának megakadályozására
31. Négylépcsős ioncserélő rendszer
32. A triklór-etilén ko-metabolizmusban történő lebontása metán-mono-oxigenáz enzim segítségével
33. Az intenzifikált bioremediáció folyamata
34. A fitoremediációs eljárások összefoglaló sematikus ábrája
35. Víztisztító bioreaktor
36. Kétlépcsős bioszorpciós rendszer
37. Mesterségesen létrehozott vizenyős terület, wetland lehetséges keresztmetszete és természetbeli megvalósítása

#### Táblázatok jegyzéke

1. Néhány szerves eredetű szennyezőanyag szaghatása
2. A jég olvadáspontja
3. A víz tartózkodási ideje az egyes tározó közegben
4. A Föld vízkészlete
5. Magyarország vízkészlete
6. Szennyezőanyagok szemcsemérete
7. Néhány víztípus szervesanyag-értéke
8. Vizeinket szennyező anyagok, melyek veszélyességi határértékszint alá való csökkentését az EU-ba lépésünk nyomán meg kellett oldani
9. Foglalkozási eredetű, hepatotoxikus hatású anyagok
10. A vízkivételi módok megoszlása legnagyobb felszíni vizeink esetében
11. Egyes termékek előállításához szükséges fajlagos vízigény
12. A vizek minősítésének jellemző csoportjai
13. Példa a Részletező okirat lehetséges tartalmára
14. Határérték előírás a növényvédő szerekre
15. Határérték előírás az alifás szénhidrogénekre
16. A vízvizsgálatra felhasznált és meghivatkozott szabványok ellentmondásai

17. Határértéki előírás a klóralkánokra
18. Határértéki előírás egyes benzoltípusokra
19. Határérték előírás a halogénezett aromás szénhidrogénekre
20. Fitoremediációs eljárások rövid összefoglalása



Egyéb áttekintett, de meg nem hivatkozott jogszabályok jegyzéke

A BIZOTTSÁG 178/2006/EK rendelete a 396/2005/EK európai parlamenti és tanácsi rendeletnek a legmagasabb megengedett növényvédőszer-maradék határértékkel rendelkező élelmiszereket és takarmányokat felsoroló I. melléklet létrehozása tekintetében történő módosításáról.

2011. évi CXXVIII. törvény A katasztrófavédelemről és a hozzá kapcsolódó egyes törvények módosításáról

A 2011. évi CCIX. törvény A víziközmű szolgáltatásról

2000. évi XLII. törvény A víziközeledésről

1995. évi LVII. törvény A vízgazdálkodásról

17/2004. (XII.25.) KvVM rendelet A felszín alatti víz állapota szempontjából érzékeny területeken levő települések besorolásáról

65/2004. (IV.24.) FVM-ESZCSM-GKM együttes rendelet A természetes ásványvíz, az ivóvíz, az ásványi anyaggal dúsított ivóvíz és az ízesített víz palackozásának és forgalomba hozatalának szabályairól

74/1999. (XII.25.) EÜM rendelet A gyógyvizekről

232/1996. (XII.26.) kormányrendelet A vizek kártételei elleni védekezés szabályairól

201/2001. (X.25.) kormányrendelet Az ivóvíz minőségi követelményeiről és az ellenőrzés rendjéről

220/2004. (VII.21.) kormányrendelet A felszíni vizek minősége védelmének szabályairól

83/2014. (III. 14.) kormányrendelet A nagyvízi meder, a parti sáv, a vízjárta és a fakadó vizek által veszélyeztetett területek használatáról, hasznosításáról, valamint a folyók esetében a nagyvízi mederkezelési terv készítésének rendjére és tartalmára vonatkozó szabályokról

18/1996. (VI.13.) KHVM rendelet A vízjogi engedélyezési eljáráshoz szükséges kérelemről és mellékleteiről

10/1997. (VII.17.) KHVM rendelet Az árvíz- és belvízvédekezésről

28/2004. (XII.25.) KvVM rendelet A vízszennyező anyagok kibocsátásaira vonatkozó határértékekről és alkalmazásuk egyes szabályairól

59/2008. (IV.29.) FVM rendelet A vizek mezőgazdasági eredetű nitrátszennyezéssel szembeni védelméhez szükséges cselekvési program részletes szabályairól, valamint az adatszolgáltatás és nyilvántartás rendjéről

Cég	Személy / beosztás	Működési terület	Interjú típusa, időpontja
Közép –Duna- völgyi Vízügyi Igazgatóság	Kunstár Edina Társulati ügyintéző  Rényeiné K.E. Osztályvezető  továbbá	Felszíni vizek, Műtárgy beépítések, Parti sávot érintő beavatkozások Vízvédelmi és Vízgyűjtőgazdálkodási Osztály Vízrajz osztály Felszín alatti vizek, szennyezések	telefon / személyes 2016. március / 2016. szeptember  telefon  telefon
Bálint Analitika Kft.		Víz, Talaj, Hulladék Mintavételi osztály	telefon
Wessling Labor	Lovász Csaba laborvezető Volk Gábor vezető analitikus	Vízvizsgálatok	telefon / 2 személyes interjú és látogatás 2016. október 04- én és 2016. október 11-én
KVI-Plusz Kft.	Dr. Ágoston Csaba ügyvezető /	Vízvizsgálatok	2 telefonos interjú
FCSM Dél-pesti Szennyvíztisztító	Kulcsár Zoltán mérnök	Vízbiztonság / víztisztítás	telefon / személyes interjú / teleplátogatás 2015 őszén
Fejérvíz Zrt.	Zsebők Lajos sajtószóvivő / referens	Akkreditált labor Vízbiztonság	telefon
Vízkutató, Víz kémia Kft.		Akkreditált labor	telefon
Vízvizsgálat Kft.		Akkreditált labor	telefon
FAVA (Felszín alatti vizeinkért Alapítvány)	Tóth Sándor	Közhasznú szervezet	telefon

## Rövidítések jegyzéke

<b>BOI</b>	Biológiai (biokémiai) oxigén igény (angolul Biological Oxygen Demand – BOD) a vízben lévő szerves anyagok mikroorganizmusok által történő biokémiai oxidálódásához szükséges oldott molekuláris oxigén mennyiségét adja meg egy meghatározott időintervallumra vonatkozóan (rendszerint 5 nap). Értékét (BOI <sub>5</sub> ) mg/l mértékegységben adjuk meg.
<b>CFC</b>	telített freonok
<b>DNS</b>	Dezoxiribonukleinsav
<b>EOI</b>	Elméleti oxigénigény az összes (oldott) szerves anyag széndioxidig és vízig történő teljes oxidálásához elméletileg szükséges oxigénigény.
<b>EPH</b>	Extractable Petrol Hydrocarbon / Extrahálható szénhidrogén
<b>EQR</b>	Environmental Quality Ratio / Környezeti Minőségarány
<b>HCFC</b>	telítetlen freonok
<b>HFC</b>	fluorozott szénhidrogének – üvegházhatású gázok csoportjába tartoznak
<b>H-mondat</b>	Egy adott veszélyességi osztályhoz és kategóriához rendelt mondat, amely leírja a veszélyes anyag vagy keverék jelentette veszély természetét, beleértve adott esetben a veszély mértékét is
<b>KI</b>	Kritikus infrastruktúra
<b>KOI</b>	Kémiai oxigén igény (angolul Chemical Oxygen Demand – COD) amely azon oxigén mennyiséget jelöli, amely az egységnyi térfogatú vízben levő szerves anyag oxidációjához szükséges, természetesen oxidálószer (kálium-permanganát vagy kálium-bikromáttal reagáltatva) jelenlétében (mg/l).
<b>LC</b>	letalis concentratio, méregkoncentráció
<b>LD</b>	letalis dozis, halálos adag
<b>MAVÍZ</b>	Magyar Víziközmű Szövetség
<b>MIR</b>	Minőségirányítási rendszer
<b>MSZ</b>	Magyar Szabvány
<b>NATO</b>	North Atlantic Treaty Organisation/Észak-atlanti Szerződés Szervezete
<b>OMSZ</b>	Országos Meteorológiai Szolgálat
<b>OKF</b>	Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság
<b>OTH</b>	Országos Tisztiorvosi Hivatal

<b>PAH</b>	Polycyclic Aromatic Hydrocarbons/ policiklusos aromás szénhidrogén
<b>PCB</b>	Polychlorinated biphenyl / poliklórozott bifenil
<b>PFC</b>	perfluor-karbonok
<b>P-mondat</b>	Az óvintézkedésre vonatkozó mondat: egy veszélyes anyag vagy keverék használatából vagy ártalmatlanításából eredő expozíció káros hatásainak a lehető legkisebbre csökkentése vagy megelőzése céljából javasolt intézkedés(eke)t leíró mondat.
<b>R-mondat</b>	A veszélyes anyagok kockázataira utaló rövid, egymondatos, szabványosított információ, az angol RISK szóból, 2010.december 1-jétől a H-mondatok váltották fel őket
<b>S-mondat</b>	A veszélyes anyagokkal kapcsolatos óvintézkedésekre vonatkozó szabványosított információ, 2010. december 1-jétől a P-mondatok váltották fel őket
<b>TBOI</b>	Teljes biológiai oxigén igény (angolul TBOD) a vízben lévő szerves anyagok teljes biokémiai lebontásához szükséges oxigén mennyisége.
<b>TOC</b>	Összes szerves széntartalom angol megfelelőjének rövidítése, Total Organic Carbon
<b>TPH</b>	Total Petroleum Hydrocarbon, összes ásványi szénhidrogén
<b>UV</b>	Ultraviola sugárzás, amely a látható fénynél kisebb, de a röntgensugárzásnál nagyobb hullámhosszú
<b>VKI</b>	Víz Keretirányelv
<b>VALPH</b>	Volatile Alifatic Petroleum Hydrocarbons / Illékony alifás szénhidrogének
<b>VAPH</b>	Volatile Aromatic Petroleum Hydrocarbons / Illékony aromás szénhidrogének
<b>VPH</b>	Illékony szénhidrogének
<b>WHO</b>	World Health Organization / Egészségügyi Világszervezet

## Lakossági vízfogyasztási szokások

A válaszoló:  férfi  nő

Életkora:  18 év alatt  33-40 év  
 18-25 év  40-50 év  
 26-32 év  50 év felett

Hány fős háztartásban él:

Ebből hány fő 18 év alatti?

Legmagasabb iskolai végzettsége?  8 általános  
 szakközépiskola  
 érettségi  
 BSc / MSc / egyéb felsőfokú  
 posztgraduális

Lakhelye:  Budapest  nagyváros  kisváros  község  
 albérlet  saját lakás  kertesház

Az Ön háztartásában a vízfogyasztás  egyéni mérős  általánydíjas alapon történik.

Értékelje 1-5-ig az alábbi jellemzőket, ahol az 1 – egyáltalán nem, 5 – kifejezetten jellemző!

	1	2	3	4	5
Mennyire környezettudatos Ön?					
Mennyire egészségtudatos?					
Fogmosás / borotválkozás ideje alatt folyamatosan folyik a csapvíz.					
Általában kádfürdőt vesz.					

Folyó vízzel mosogat.					
Előnyben részesíti a csapvizet a palackozott ásványvízzel szemben.					
Csaptelepei perlátorokkal (adagolókkal és levegődúsítókkal) vannak ellátva.					
WC-tartályánál lehetőség van az öblítővíz mennyiségének szabályozására – többgombos / STOP funkciós.					
Gazdaságossági – energia és víz – szempontból cserélt már le háztartási gépet / berendezést (vagy tervezi cseréjét, beszerzését).					
„Öko”- mosószereket, mosogatószereket (mosódíó, mosószóda) használ.					
Tágabb környezete is figyel a vízfogyasztási szokásaira.					
Vízfogyasztási szokásainak megváltoztatása anyagi okokból történt, nem környezetvédelmi szempontok miatt.					

Amennyiben életmódját víztakarékosnak és környezettudatosnak tartja, honnan származik az indíttatás, honnan szerzi be a szükséges információkat?

.....

.....

.....

Milyen szokásai vannak, esetleg milyen változásokat eszközölt az életmódjában, hogy víztakarékosabb módon éljen?

.....

.....

A háztartásban (takarításhoz / kézi mosáshoz) használt, fennmaradó vízmennyiséget felhasználja-e WC-öblítéshez?

igen       nem

**Amennyiben a mosás és / vagy mosogatás esetében elmondható Önről, hogy részben vagy teljesen ökológiai módszerekre fókuszál, melyek azok? Amennyiben nem, indokolja, miért?**

.....  
.....

**Amennyiben van gyermeke, változtatott-e az ő születésük/meglétük a környezettudatos(abb) szemléletmódon, esetleg a háztartásvezetésen?**

igen  nem

**Hogyan? .....**

.....

**Amennyiben van kertje, gyűjti-e az esővizet locsoláshoz, esetleg rendelkezik másfajta módszerrel / berendezéssel, amellyel megoldható például a háztartásban keletkező barna, esetleg szürke szennyvíz részbeni vagy teljes hasznosítása?**

.....  
.....

**Amennyiben van autója, annak tisztítását házilag végzi vagy szakemberekre bízta?**

.....

**Milyen egyéb más szempontok befolyásolják, hogy mennyire környezettudatos az életmódja (családi háttér, hobbi, stb.)?**

.....  
.....