10.17625/NKE.2021.003

Doktori (PhD) értekezés

Takács Krisztina

2020

NEMZETI KÖZSZOLGÁLATI EGYETEM

KATONAI MŰSZAKI DOKTORI ISKOLA

Takács Krisztina

Vízellátás biztosításának fejlesztési lehetőségei, kiemelten a mikrobiológiai vízminősítésre

Doktori (PhD) értekezés

Témavezető:

Dr. habil. Kuti Rajmund (PhD)

……..

BUDAPEST, 2020

TARTALOMJEGYZÉK

BEVEZETÉS 6

A téma aktualitása és fontossága 8

A tudományos probléma megfogalmazása 9

Kutatási célkitűzések 10

Hipotézisek 11

Kutatási módszerek 11

Releváns szakirodalom áttekintése 12

A dolgozat formai felépítése 12

Az értekezés tartalmi felépítése 13

1. FEJEZET

A VÍZ JELLEMZÉSE, AZ IVÓVÍZ SZEREPE 15

1.1. Az ivóvíz általános jellemzői 15

1.2. A víz minősítése 21

1.3. A vízfelhasználók körének változása 22

1.4. A vízellátás biztosításának követelményei 23

1.5. Az ivóvíz fogyaszthatóságának feltételei 29

1.6. Az ivóvíz fogyasztási szokások alakulása 38

1.7. A vízellátás biztosítása terepi körülmények között 44

1.8. Részkövetkeztetések 51

2. FEJEZET

A VÍZGAZDÁLKODÁSSAL SZEMBEN TÁMASZTOTT KÖVETELMÉNYEK 54

2.1. A vízgazdálkodás jogszabályi háttere 54

2.2. A vízbázis védelem jogi szabályozása 55

2.3. A vízminőségre vonatkozó jogszabályi előírások 57

2.4. A vízbiztonságot befolyásoló tényezők 59

2.5. A vízbiztonság és vízminőség fenntartása 64

2.6. Napjainkban jelentkező környezetbiztonsági kihívások, kockázatok 66

2.7. A vízbiztonság katonai vonatkozásai 72

2.8. Részkövetkeztetések 75

3. FEJEZET

MIKROBIOLÓGIAI VIZSGÁLATI MÓDSZEREK 77

3.1. Mintavétel 77

3.2. Mikrobiológiai vízvizsgálati módszerek hazánkban 79

3.3. Veszélyhelyzet katonai oldalról megközelítve 87

3.4. A vizsgálati módszerek összehasonlítása 91

3.5. A tenyésztéses és IDEXX módszerek összehasonlítása 92

3.6. Részkövetkeztetések 97

4. FEJEZET

SAJÁT VIZSGÁLATOK 99

4.1. Hazai vízfogyasztási szokások felmérése 99

4.2. Palackozott ásványvizek mikrobiológiai vizsgálata 105

4.3. Győr ivóvíz vizsgálata- 2018 107

4.4. Győr ivóvíz vizsgálata 2013-2017 között 110

4.5. Mikrobiológiai szempontú vízminőség meghatározása a Pannon-Víz Zrt. működési területén 115

4.6. A Marcal folyó mikrobiológiai állapotának felmérése 119

4.7. Részkövetkeztetések 127

AZ ELVÉGZETT KUTATÁS ÖSSZEFOGLALÁSA 130

ÖSSZEGZETT KÖVETKEZTETÉSEK 132

ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK 137

A KUTATÁSI EREDMÉNYEK GYAKORLATI FELHASZNÁLHATÓSÁGA 138

AJÁNLÁSOK **140**

A TÉMAKÖRBŐL KÉSZÜLT PUBLIKÁCIÓIM **141**

HIVATKOZOTT IRODALOMJEGYZÉK **142**

Ábrák és táblázatok jegyzéke **153**

Mellékletek **157**

BEVEZETÉS

A vízkészlet védelme mindig fontos törekvése volt az államoknak és ez napjainkban sincs másképp. A WHO és az UNICEF Közös Monitoring Program (JMP) keretében végzett vizsgálatok eredményei szerint 2008-ban 884 millió ember nem jutott megfelelő minőségű és mennyiségű ivóvízhez és 2,6 milliárd ember nem rendelkezett megfelelő higiéniai körülményekkel. A kialakult konfliktushelyzet arra figyelmeztet, hogy a globális vízkészlet-gazdálkodásnak nem szabad megsértenie azokat az alapelveket, melyeket 1948-ban a Víz Chartában (Európa Tanács 1948. május 6. Strasbourg) deklaráltak. A korlátozott mennyiségben rendelkezésre álló vízkészletek nem megfelelő hasznosítása ugyanis veszélyezteti a környezetet és a fenntartható fejlődést. Ez a felismerés késztette a különböző országokat a víz védelmét szolgáló egyezmények és jogszabályok megalkotására. Ezek igen szerteágazóak. A 17 jelentősebb vízgazdálkodást, vízhasználatot érintő nemzetközi, valamint hazánkat is érintő vízegyezmények áttekintő összefoglalását a Víz Charta 12 pontja tartalmazza.[1]

Magyarországon a vízgazdálkodással kapcsolatos alapvető szabályokat a vízgazdálkodásról szóló 1995. évi LVII. törvény tartalmazza. Lefekteti a környezetvédelem általános állami és önkormányzati tevékenységi rendszerének alapjait. Meghatározza a környezetvédelmi igazgatási rendszer felépítését és az egyének felelősségén keresztül a társadalom egészének felelősségét a környezetük védelmében.[2] A vízgazdálkodás témakörénél meg kell említenem a vízbázisok védelmét is, hiszen többek között ez is hozzájárul a biztonságos ivóvízellátás kialakításához.

A fenntartható vízgazdálkodásért az ipari, valamint a lakossági vízfelhasználóknak egyaránt erőfeszítéseket kell tenni. A globális klímaváltozás hatásaihoz szükséges alkalmazkodni a vízgazdálkodás és a vízfelhasználás tekintetében is.[3] A következőkben ezeket a kérdéseket vizsgálom meg.

A vízellátáson belül az ivóvízellátás a kritikus infrastruktúrák elemei közé tartozik. Ezen olyan, egymással összekapcsolódó, interaktív és egymástól kölcsönös függésben lévő infrastruktúra elemek, létesítmények, szolgáltatások, rendszerek és folyamatok hálózatát értjük, amelyek az ország (lakosság, gazdaság és kormányzat) működése szempontjából létfontosságúak és érdemi szerepük van egy társadalmilag elvárt minimális szintű jogbiztonság, közbiztonság, nemzetbiztonság, gazdasági

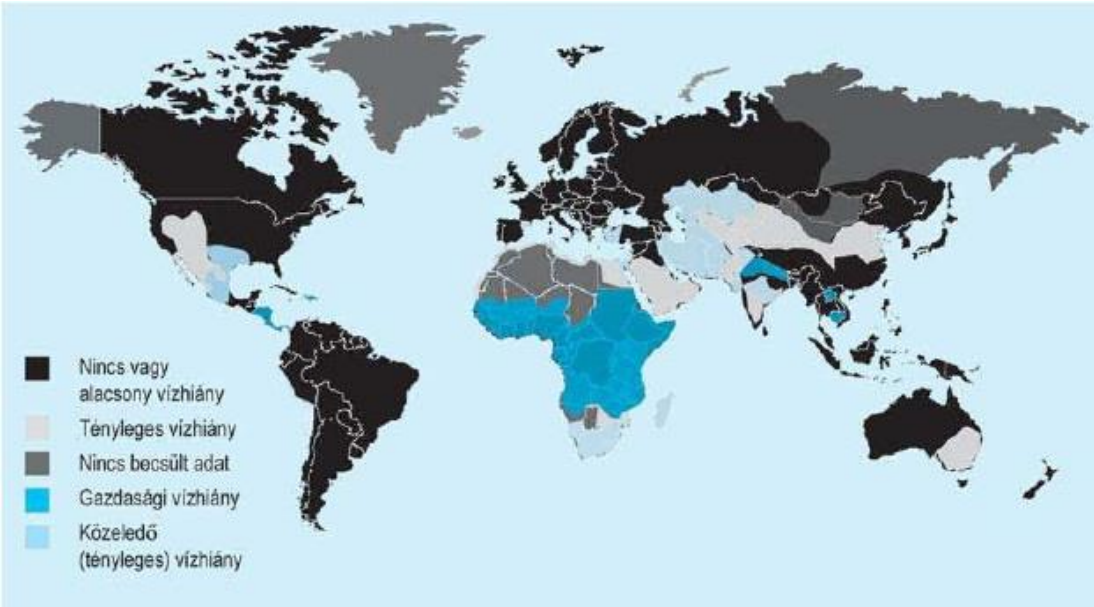
működőképesség, közegészségügyi és környezeti állapot fenntartásában. Kritikus infrastruktúrának minősülnek azon hálózatok, erőforrások, szolgáltatások, termékek, fizikai vagy információtechnológiai rendszerek, berendezések, eszközök és azok alkotó részei, melyek működésének meghibásodása, megzavarása, kiesése vagy megsemmisítése, közvetlenül vagy közvetetten, átmenetileg vagy hosszútávon súlyos hatást gyakorolhat az állampolgárok gazdasági, szociális jólétére, a közegészségre, a közbiztonságra, a nemzetbiztonságra, a nemzetgazdaság és a kormányzat működésére.[4]

Az ivóvíz-szolgáltatás a Kritikus Infrastruktúra Védelem Nemzeti Programjáról szóló 2080/2008. (VI. 30.) Kormányhatározat értelmében a kritikus infrastruktúrák közé tartozik (IV. szektor), melynek megfelelő hatékonyságú védelmének biztosítása többek között a közmű üzemeltetőjének a feladata. A kormányhatározat ezen szektoron belül részletesen foglalkozik a vízbázisok védelmével is.

A Föld vízkészleteinek folyamatos változása kapcsán fontos megjegyezni, hogy eloszlása nem egyenletes a bolygónkon, s ez feszültséget szül az érintett térségekben, országokban. Az ivóvízhiány sajnos manapság már korunk egyik legnagyobb globális problémájává vált.[5] Szakértők már évtizedek óta figyelmeztetnek arra, hogy komoly regionális problémák alakulhatnak ki a nem megfelelő vízellátás miatt. Elemzések alapján a 21. század az édesvízért folytatott harc százada lehet.[6]

A jövőben egyre nagyobb eséllyel alakulhatnak ki fegyveres konfliktusok a vízhiány miatt, azonban ilyen jellegű feszültségeket már eddig is tapasztalhattunk.[7] Egyiptom még 1991-ben jelentette be, hogy ha szükséges, akkor kész katonai beavatkozás árán is megvédeni jogát a Nílus folyóhoz Etiópiával és Szudánnal szemben.[8] Az Okavango folyó kapcsán pedig Namíbia, Angola és Botswana közt feszült a helyzet. A Zambézi folyó miatt szintén e hármas és még a Dél-afrikai Köztársaság között vannak ellentétek. 2007-ben katonai összecsapásokhoz vezetett az afrikai Csád-tó száradása Nigéria, Csád és Kamerun szomszédos országok között, melyet Darfuri-konfliktusként ismer a világ.[9] Nézeteltérések vannak az India és Kína határterületén található Brahmaputra folyó körül is. Európai példaként Görögországot lehet megemlíteni, ahol a Kimolosz nevű szigeten mára már kiapadtak a tiszta ivóvízlelőhelyek. Molden D. írásában kiemeli[10], hogy Földünkön hol találhatóak azok a területek, ahol ivóvízproblémák jelentkeznek mind mennyiségi, mind minőségi kockázati tényező tekintetében. A következő ábrán jól

látható, hogy legnagyobb mértékben az afrikai kontinens kétharmad részén és Ázsia déli részein fordul elő vízhiány.



1. ábra: Vízhiányos területek a Földön[10]

Fontos még kiemelni a négy éve tartó szíriai válságot is, melyben a víznek is nagy szerep jut. Az ISIS[1] ugyanis fegyveres erőivel átvette az Eufrátesz-Tigris rendszer gátjai fölött a hatalmat, ezáltal is nyomást gyakorolva a térségre és megfosztva a palesztinokat az ivóvíz vételezés lehetőségeitől.[11] Biztonságpolitikai szempontból tehát elmondható, hogy mára már az ivóvízhiány szinte az egész világon kockázati tényezővé nőtte ki magát. PhD kutatásaimban ez volt az egyik olyan tényező, amely inspirált a munkám során. A konkrét témaválasztásomban a mindennapi munkám egy része segített, amely a vízanalitikával, pontosabban az ivóvíz minőségének vizsgálatával kapcsolatos.

A TÉMA AKTUALITÁSA ÉS FONTOSSÁGA

Magyarország földrajzi fekvésének és geológiai adottságának köszönhetően nem küzd vízhiánnyal, a felszíni és a felszín alatti vízbázisok szakszerű és előrelátó gazdálkodással a jövőben is képesek fedezni az ipari és lakossági vízigény szükségleteket. Azonban a globális felmelegedés hatására kialakuló extrém meleg nyarak során hazánkban is felléphet vízhiány, ilyenkor a lakosság ellátása akadozhat. Az eddigi tapasztalatok azt mutatják, hogy a legmelegebb nyári napokon kialakuló vízfogyasztási problémákat kisebb korlátozásokkal a rendszer az ivóvíz kivételi

[1] ISIS: egy dzsihádista csoport, mely erőszakot alkalmaz főleg a siíták és a keresztények ellen.

helyek maximális kihasználása mellett kezelni tudta. Meg kell jegyeznem ugyanakkor, hogy sem üzemzavar, sem egyéb műszaki meghibásodás, vagy rendkívüli esemény nem következett be ezekben az időszakokban, amely az ellátást nehezítette volna. Egy esetleges rendkívüli esemény – veszélyes anyagokkal kapcsolatos baleset, ipari katasztrófa – melynek során veszélyes anyag kerül a környezetbe, komoly veszélyt jelent az ivóvízbázisokra. Veszélyt jelenthet ugyanakkor egy komoly árvíz, vagy özönvízszerű esőzés is, melynek során a vízszintemelkedéssel szennyvíz is kerülhet a környezetbe, ami komoly biológiai veszélyforrás. Ha a szennyeződések, akár vegyi anyagok, akár biológiai ágensek az ivóvízbe kerülnek, könnyen veszélyeztethetik az adott térség életét.[3] Ebben az esetben más forrásból kell biztosítani a vízellátást.[12] A vízellátás a kritikus infrastruktúra egyik legfontosabb eleme, ezért akár terroristák célpontja is lehet. Így fontos feladat tehát az ivóvízbázisok, a vízkivételi helyek védelme.[3]

A vízminőség biztosításának érdekében kiemelt feladat tehát a vízellátó rendszerből történő folyamatos mintavételezés és részletes analitikai és mikrobiológiai vizsgálat, amely kimutatja a vízszennyezéseket. Amennyiben környezetszennyezés történik, az adott szennyezés fajtájára exponálva ki kell terjeszteni a vizsgálatokat az ivóvízbázis környéki felszíni vizekre és a talajra is. Ezáltal nyomon követhető a szennyezés útja. Témaválasztásom aktualitását és fontosságát az ivóvíz stratégiai szerepének a fentiekben részletezett felértékelődése indokolja.

A TUDOMÁNYOS PROBLÉMA MEGFOGALMAZÁSA

A mindennapi élethez elengedhetetlen a megfelelő minőségű és mennyiségű ivóvíz előállítása. A vízellátás biztosításához hozzátartozik az ivóvíz rendszeres vizsgálata is, melynek célja, hogy kifogástalan minőségű víz jusson el a fogyasztókhoz. Az ivóvíz minőségi követelményeiről és az ellenőrzés rendjéről szóló 201/2001. (X.25.) Kormányrendelet tartalmazza a mintavételek gyakoriságát, illetve az egyes vizsgálatok során a vízből kimutatandó mikroorganizmusok megnevezését és a különböző szabványokat, amelyek alapján a vizsgálatokat el kell végezni.

A hazánkban vízvizsgálat céljára alkalmazott, rendeletekben előírt mikrobiológiai vizsgálati módszerek rendkívül időigényesek, sok időt vesz igénybe mind a minta előkészítése, mind pedig az inkubációs idő. Néhány vizsgálat akár több napig is eltarthat. Léteznek azonban olyan – külföldön már széles körben alkalmazott – vizsgálati módszerek, amelyekkel ezen vizsgálati idők lerövidíthetők.

Fontos feladat tehát ezeknek az eljárásoknak a tudományos vizsgálata és ezáltal az adaptálási lehetőségek megteremtése a hazai gyakorlatban, hiszen mindezeknek nagy jelentősége van egy váratlanul bekövetkező katasztrófahelyzetben, vízszennyezések esetén, amikor a vizsgálati eredmények gyorsabb elérése után a szükséges intézkedések is hamarabb megtehetők, a kárfelszámolás pedig hatékonyabb és gyorsabb lesz.

KUTATÁSI CÉLKITŰZÉSEK

A kutatásom alapvető célja, hogy tudományosan megalapozott, saját laboratóriumi vizsgálatok eredményeinek értékelése alapján javaslatokat fogalmazzak meg a jogszabályban foglaltaktól eltérően új mikrobiológiai vízvizsgálati eljárások alkalmazására a hazai intézményrendszerben, katasztrófahelyzetben és terepi körülmények között is. Laboratóriumi vizsgálatok elvégzése után célom új vizsgálati protokoll megfogalmazása a palackozott ásványvizeket illetően.

Értekezésemben egy olyan összehasonlító elemzést szándékozom elkészíteni, amely különböző paraméterek vizsgálatával segít adott helyzetben kiválasztani a megfelelő vízvizsgálati eljárást.

Kutatási célkitűzéseimet az ivóvízbázisok védelmével, a folyamatos vízellátás és a megfelelő vízminőség biztosításával kapcsolatban fogalmaztam meg:

- áttekinteni az ivóvíz általános tulajdonságait, beleértve a bakteriológiai jellemzőket, a vízfelhasználók körét, valamint a vízellátás biztosításának követelményeit, továbbá azonosítani és elemezni azokat a kockázatokat, amelyek befolyással lehetnek a víz minőségére;
- felkutatni, elemezni a katonai szférában alkalmazott vízvizsgálati módszereket, összevetve a civil életben használt protokollal;
- elemezni a vízvizsgálatokkal kapcsolatos szak-specifikus leírásokat, szabályzókat, protokollokat, elérhető külföldi forrásokat, amelyek alapján egyértelművé válnak a rendszerekkel és eljárásokkal szemben támasztott követelmények;
- a komplex környezetbiztonságból kiindulva külföldi vizsgálati módszerek és eredmények figyelembevételével célirányos kísérletek lefolytatása és hazai adaptálási lehetőségek vizsgálata;
- az eredmények felhasználásával ajánlást tenni az alkalmazott módszerek illesztésére a magyarországi intézményi és tevékenységi rendszerekhez.

HIPOTÉZISEK

A kutatási célkitűzések alapján a következő hipotéziseket állítottam fel:

1. Feltételezem, hogy tudományos szempontú megközelítés során egy saját szempontrendszer szerint az általam összeállított vizsgálati algoritmussal tesztelve az ivóvizek vizsgálatára alkalmazható mikrobiológiai módszereket kiválasztható a katasztrófahelyzeti alkalmazást legjobban támogató módszer.
2. Véleményem szerint a Magyarországon alkalmazott mikrobiológiai vízvizsgálati módszerek nem a legoptimálisabbak a vizsgálati paramétereket tekintve, így feltételezem, hogy a hazánkban elérhető eljárások összehasonlító vizsgálata során több módszer is alkalmas lehet a hazai szervezeti- és intézményrendszerbe történő adaptálásra.
3. Véleményem szerint az ivóvíz fogyasztási szokásokban bekövetkezett változások miatt a palackozott szénsavmentes ásványvizekkel szemben támasztott mikrobiológiai paraméterek szigorítására van szükség, melyet laboratóriumi vizsgálatokkal kívánok alátámasztani.
4. Megítélésem szerint az ivóvizek mikrobiális állapotának vizsgálatára alkalmas IDEXX típusú tesztek alkalmasak lehetnek élővizek mikrobiológiai vizsgálatára is, amit gyakorlati laboratóriumi vizsgálatokkal kívánok bizonyítani.

KUTATÁSI MÓDSZEREK

Kutatásomat a meghatározott célkitűzések és a felállított hipotézisek bizonyítása vagy elvetése érdekében több kutatási módszer alkalmazásával végeztem el.

- Kutatómunkám egy részében az általános kutatási módszereket alkalmaztam, úgy, mint elemzések, induktív és deduktív eljárások, illetve kutatói szintézis. Tanulmányoztam és feldolgoztam a releváns hazai szakirodalmat, illetve a hatályban lévő jogszabályokat, specifikus szabályzókat.
- Specifikus módszerként laboratóriumi mikrobiológiai vizsgálatokat végeztem, ezek eredményét komplex módon értékeltem.
- Részt vettem hazai és nemzetközi konferenciákon, szakmai előadásokon, ezen kívül pedig konzultációkat folytattam a témában jártas szakemberekkel, akik saját szakterületeik összefüggéseinek bemutatásával elősegítették értekezésem kidolgozását.

- Kutatási részeredményeimet rendszeresen publikáltam a releváns hazai szakmai folyóiratokban, emellett részt vettem hazai konferenciákon is a témám, illetve egyes kutatásaim ismertetése céljából.

RELEVÁNS SZAKIRODALOM ÁTTEKINTÉSE

A disszertáció tartalmi elemeként beépített releváns szakirodalom feldolgozása során az elkészítésének első lépéseként áttekintettem a főbb jogszabályokat, mint például az ivóvíz minőségi követelményeiről és az ellenőrzés rendjéről szóló 201/2001. (X. 25.) Kormányrendeletet, illetve a természetes ásványvíz, a forrásvíz, az ivóvíz, az ásványi anyagokkal dúsított ivóvíz és az ízesített víz palackozásának és forgalomba hozatalának szabályairól szóló 65/2004. (IV.27.) FVM-ESzCsM-GKM együttes rendeletet és a katasztrófavédelemről és a hozzá kapcsolódó egyes törvények módosításáról szóló 2011. évi CXXVIII. törvény végrehajtásáról szóló 234/2011. (XI.10.) Kormányrendeletet és alapvető irodalmakat, amelyek a vízellátás témaköréhez kapcsolódnak. A vonatkozó szakirodalmi háttér felkutatása során könyvet, folyóiratcikket és internetes cikket vizsgáltam meg, ezek tapasztalatait kiegészítettem még korábbi doktori értekezésekkel és konferenciakiadványok anyagaival. Így többek között áttekintettem és felhasználtam Padányi József, Földi László, Halász László, Pregun Csaba, Juhász Csaba, Rácz László István, Berek Tamás, Máttyus Sándor és Mádlné Szőnyi Judit munkáit. A disszertáció megírásakor felhasználtam a Nemzeti Népegészségügyi Központ és Magyar Víziközmű Szövetség kiadványait és a Központi Statisztikai Hivatal mellett a GFK Hungária Piackutató Kft. néhány jelentését is. A dolgozatom végén feltüntetett hivatkozott irodalomjegyzék részletesen tartalmazza mindazokat a publikációkat, melyeket a kutatásaim során felhasználtam. Az írásos szakirodalmi anyagok áttekintése mellett lehetőségem nyílt számos, a témámban jártas szakember megismerésére és az általuk megosztott információk összegyűjtésére és elemzésére is.

A DOLGOZAT FORMAI FELÉPÍTÉSE

A dolgozatra vonatkozó formai követelményeket a Nemzeti Közszolgálati Egyetem 2016/2017-es tanév doktori szabályzatának előírásai szerint alakítottam ki. 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 az ábra- és táblázatjegyzék, a Hazai vízfogyasztási szokásokat felmérő kérdőívem, valamint a saját laboratóriumi méréseim törzsadatai.

AZ ÉRTEKEZÉS TARTALMI FELÉPÍTÉSE

A tudományos célkitűzéseim alapján a doktori értekezést négy egymásra épülő tartalmi fejezetre bontva dolgozom ki.

Az ***első fejezetben*** bemutatom az ivóvíz általános jellemzőit, beleértve a fizikai, kémiai és bakteriológiai paramétereket. Ismertetem a vízellátás biztosításának körülményeit, egyes nehézségeit, majd ehhez kapcsolódóan felvázolom a terepi körülmények között történő ivóvízellátás lehetőségeit is.

A ***második fejezetben*** az ivóvízellátás megfelelőségét, illetve a vízminőséget biztosító hazai és Európai Uniós jogszabályi hátteret részletezem. Feltárom a napjainkban jelentkező környezetbiztonsági kihívásokat, kockázatokat, emellett vázolom a vízbiztonságot befolyásoló tényezőket mind civil, mind pedig katonai vonatkozásban.

Az értekezés ***harmadik fejezetében*** bemutatom a civil és a katonai szférában alkalmazott protokollt vízszennyezések esetén. Ehhez kapcsolódóan ismertetem és különböző paraméterek alapján súlyozom a hazánkban alkalmazott vízvizsgálat céljára alkalmas mikrobiológiai módszereket.

A ***negyedik fejezetben*** saját laboratóriumi vizsgálataim eredményeit felhasználva következtetéseket vonok le a hazai ivóvizek minőségi paramétereiről. Ismertetem a jelenlegi helyzetet Magyarországon, majd javaslatokat teszek a problémák mérséklésére, megszüntetésére.

A doktori értékezésem célkitűzéseinek meghatározásakor a következő főbb szűkítéseket és elhatárolási szempontokat vettem figyelembe:

a) a vízellátás teljes folyamatához hozzátartozik a szennyvíz fogalmának, kezelésének megemlítése, azonban jelen értekezésben a mennyiségi korlátokat figyelembe véve csak az ivóvíz vizsgálatával foglalkozom,

b) a víz vizsgálata során nem foglalkozom a kémiai és a biológiai laboratóriumi módszerekkel, csak a mikrobiológiai vizsgálatokra, ezen belül leginkább a hazánkban elérhető, illetve alkalmazásban lévő eljárásokra összpontosítok.

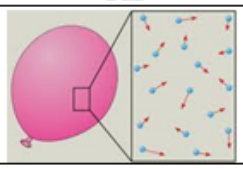
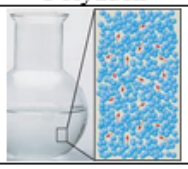
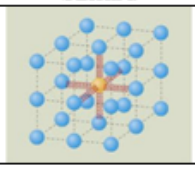
1. A VÍZ JELLEMZÉSE, AZ IVÓVÍZ SZEREPE

1.1. Az ivóvíz általános jellemzői

A víz jelentőségét kiemelten fontos hangsúlyozni, hiszen a víz a föld és a levegő mellett a környezet egyik legfontosabb eleme, alapvető alkotórésze az élő és élettelen természetnek, emellett a legfontosabb összetevője az emberi és az állati tápláléknak.[13] Földünk 73%-át víz borítja. A Föld vízkészletének több mint 97%-a sós tengervíz és csak 2,7%-a édesvíz.[14] A víz a természetben három alapvető formában (gőz, folyadék, szilárd) fordul elő, melyek a következők: légköri (vízgőz, csapadék), felszíni (folyóvizek, állóvizek) és felszín alatti vizek (talajvíz, rétegvíz, artézi víz).[15] A vízminőség a víz fizikai, kémiai és biológiai tulajdonságainak összességét jelenti. A következőkben ezeket a jellemzőket mutatom be.

1.1.1. A víz fizikai tulajdonságai

A kémiailag tiszta víz átlátszó, szagtalan, íztelen folyadék. A víz sűrűsége a hőmérséklet függvényében változik. A hőmérséklet- és nyomásviszonyoktól függően a víz minden halmazállapotban megtalálható: szilárd (jég), cseppfolyós (víz), légnemű (gőz), ezt mutatja be a 2. ábra.

Halmazállapot	Gáz	Folyadék	Szilárd
A halmaz modellje			
A részecskék távolsága	nagy	kicsi	kicsi
A részecskék közötti kölcsönhatások erőssége	kicsi (diszperz, gyenge)	viszonylag erős	erős
A részecskék mozgása	szabadon mozognak	egymáson elgördülnek, súrlódnak	egyhelyben (rácspontokban) rezgő mozgást végeznek
A halmaz alakja	változó	változó, felveszi az edény alakját	meghatározott, állandó
A halmaz térfogata	változó, betölti a rendelkezésre álló teret	meghatározott, részlegesen betölti a rendelkezésre álló teret	meghatározott

2. ábra: Víz halmazállapotai [Forrás: saját készítés]

A természetes tiszta víz színtelen, ha nagy vastagságban van jelen, akkor halványkékes színű. A víz látszólagos színét a vízben található színes szuszpendált lebegő anyagoktól kapja. Tényleges színét a benne lévő oldott anyagok, a házi és az ipari szennyvizek határozzák meg.[16]

A **víz szaga és íze** a benne oldott gázoktól és sóktól függ. Ezt befolyásolják még a benne található tömegesen elpusztult mikroorganizmusok, szerves anyagok, H_2S (kénhidrogén) gáz a bomlási folyamatok során.

Az oldott sók közül a kalciumszulfát ($CaSO_4$) fanyar, a nátriumklorid (NaCl) sós, a magnéziumszulfát ($MgSO_4$) kesernyés ízt ad a víznek.

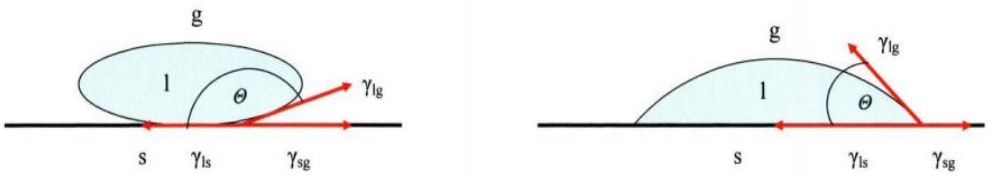
Az íz- és szaghatást befolyásolhatja még a víz hőmérséklete, a gázok és oldott anyagok milyensége, a vas- és mangántartalom, az algák és egyéb növényi szervezetek, valamint az ipari szennyeződések.

A természetes vizek, vízkészletek hőmérsékleti viszonyai eredetük szerint különbözőek. A felszíni vizek hőmérséklete a hidrológiai és a meteorológiai viszonyoktól függően erősen ingadozó. A talajfelszín alatti ún. talajvizek hőmérsékletére a külső viszonyok már kisebb hatással vannak. A mélyebb szintek felé haladva a víz hőmérséklete egyre állandóbb. A geotermikus viszonyoktól függően előfordulhat, hogy a mélyebb rétegekben, néhány 100, esetleg 1000 m körüli mélységben magas hőmérsékletű, akár 80 - 100°C-os vízkészletek találhatóak.

Lényeges a hőmérséklet és a vizek biológiai élete közötti kapcsolat. A hőmérséklet emelkedésével a biológiai élet, a mikroorganizmusok tevékenysége megélénkül, ezért a hőmérséklet befolyásolja a viszkozitást, az íz- és szaghatást és a mikrobiológiai folyamatokat.

A **felületi feszültség** a folyadékok alapvető tulajdonsága, amely miatt azok a legkisebb fajlagos felületű alakzatot, a gömbformát igyekeznek felvenni. A különböző molekulák, illetve anyagok közötti kis kölcsönhatásnak köszönhetően az egyes tárgyak és kistestű állatok a vízben nem süllyednek el, pedig nagyobb a sűrűségük, mint a folyadéké. A felületi feszültséget úgy is lehetne definiálni, hogy az az ellenállás, amelyet a folyadék felszíne tanúsít azzal az erővel szemben, amely a folyadék felületét meg akarja növelni. Leegyszerűsítve úgy is mondható, hogy a felület egységnyi hosszúságában működő, felületet csökkentő erő. Mértékegysége: N/m. A vízcseppet körülvevő anyagok molekulái különböző erőket fejtenek ki a vízcseppre. Ha ez a vízmolekulára kifejtett erő hatása elhanyagolható (levegő: g) a kohéziós erőhöz képest, abban az esetben a víz felületén lévő részecskék a kohéziós

erőnek köszönhetően a folyadék belseje felé próbálnak elmozdulni, vagyis a felület ténylegesen csökken. Ezeknek az erőknek a víz (l) molekuláira kifejtett hatása nem hanyagolható el, ha a vízcsepp egy szilárd (s) felületre került. A vonzó és taszító erők függvényében a vízcsepp azon jobban, vagy kevésbé terül szét, amit úgy is meg lehet fogalmazni, hogy nedvesíti, vagy kevésbé nedvesíti a felületet. A nedvesítés mértéke a nedvesítési peremszöggel (Θ) jellemezhető. Ha a peremszög nagyobb 90°–nál, akkor részleges nem nedvesítésről, ha kisebb 90°–nál, részleges nedvesítésről beszélünk. A vízcsepp nedvesítés hatására történő változását a 3. ábra szemlélteti.



3. ábra: Víz felületi feszültségének változása nedvesítés hatására[17]

A közös határfelületen fellépő erőket a határfelületi feszültséggel jellemezzük: γls, γs és γlg. A nedvesítés mértékét is lehet befolyásolni a határfelületi feszültségek megváltoztatásával.[18]

A víz **lebegőanyag-tartalmát** a vízben lévő szuszpendált anyagok okozzák. A gyakorlatban átlátszóságról és zavarosságról beszélünk. Az ivóvíz maximálisan megengedett lebegőanyag-tartalma: LA_{max} = 2 mg/l.

A víz **sűrűsége** a hőmérséklet és a nyomás függvényében változik. A kémiailag tiszta víz sűrűsége ρ= 1,0 g/cm^3 = 1000 kg/m^3 (4°C-on).[19] Az élővilág szempontjából ez az egyik legfontosabb tulajdonság. Mindig a vízfelszínen indul meg a fagyás, míg közben a vizek alján, a legnagyobb sűrűségű 4°C-os vízben áttelelhetnek a vízi élőlények. Az a nem általános helyzet, hogy a vizek fenékig befagynak, csak ritkán következhet be, ugyanis a jégréteg jó hőszigetelőként is működik.

A víz fizikai tulajdonságai jellemezhetők még a viszkozitással, összenyomhatósággal, forrásponttal, fagyásponttal, olvadási és fagyási hővel, fajhővel, párolgási hővel, kapillaritással (hajszálcsövesség, melynek az adhéziós erővel szemben van jelentősége), oldóképességgel és a radioaktivitással is.

1.1.2. A víz kémiai tulajdonságai [20][21]

pH: A víz kémiai jellemzői közül egyik legfontosabb paraméter a pH érték, amely jelentősen befolyásolja a vízben lejátszódó kémiai és biokémiai folyamatokat. A tiszta természetes vizek pH értéke 4,5-8,3 között van. A felszíni vizek pH-ja 6,5-8,5 közötti, a talajvízé 5,5-7,5 közötti. A pH értékek a biológiai folyamatokat jelentős mértékben befolyásolják. Így a biológiai nitrifikáció folyamán a felszabaduló hidrogén ionok reakcióba lépnek a hidrogén-karbonát-ionokkal, szabad szén-dioxid képződik és a víz pH-ja csökken. A pH kismértékű változása is komoly hatással lehet a vízi élővilágra, ezért fontos a folyamatos ellenőrzése.[22]

Keménység: A víz keménységét a benne lévő oldott állapotú kalcium és magnézium sók mennyisége határozza meg. Kifejezésére korábban a német keménységi fokot (nk°) használták. Az összes keménység a vízben oldott Ca és Mg sók összege, a változó (karbonát) keménység a Ca és Mg hidrokarbonátjai összessége, az állandó (nem karbonát) keménység a Ca és Mg kloridjai, szulfátjai, nitrátjai mennyiségét fejezi ki. A vizet német keménységi fok szerint az alábbi csoportokba sorolhatjuk be:

- 0-4 nk° nagyon lágy
- 4-8 nk° lágy
- 8-12 nk° közepes
- 12-30 nk° kemény
- >30 nk° nagyon kemény víz.

A víz keménységét ma már a korábbi német, angol, francia, amerikai vízkeménységi fok helyett általában az SI mértékegység rendszerben a víz alkáliföldfémion-tartalmával (mmol/dm$^{3)}$ adjuk meg.

Összes sótartalom: A víz összes sótartalma koncentrációban (mg/l) vagy vezető képességben (EC, µS/cm) fejezhető ki és a víz szervetlen vegyületeinek mennyiségét mutatja. A természetes vizekben a főbb kationok az előfordulásuk csökkenő sorrendben Ca^{2+}, Mg^{2+}, Na^{+}, K^{+}, az anionok ugyancsak a mennyiség csökkenő sorrendjében HCO_3^-, SO_4^{2-}, Cl^-. A felszíni- illetve felszín alatti vizek sótartalma 100-1000 mg/l között változik. Az 500 mg/l-nél nagyobb ásványi anyag koncentrációjú vizek az ásványvizek az érvényes EU szabvány szerint.

Kémiai oxigén igény (KOI, angolul chemical oxigen demand, COD): azon oxigén mennyiségét fejezi ki, amely szükséges az egységnyi térfogatú vízben levő szerves anyag oxidációjához oxidálószer (kálium-permanganát vagy kálium-bikromát)

alkalmazásával (mg/l). Meg kell jegyezni azt is, hogy a KOI nem ad pontos képet a vízben lévő szerves anyagok mennyiségéről és minőségéről, meghatározására szabványos vízvizsgálati eljárásokat dolgoztak ki.[23]

Biokémiai oxigén igény (BOI, angolul biological oxigen demand, BOD): a vízben lévő szerves anyagot mikroorganizmusok által történő biokémiai oxidálódásához szükséges oldott molekuláris oxigén mennyiségét adja meg egy meghatározott időintervallumra vonatkozóan (rendszerint 5 nap). Értékét (BOI_5) mg/l mértékegységben adjuk meg.

Teljes biokémiai oxigénigény (TBOI): a vízben lévő szerves anyagok teljes biokémiai lebontáshoz szükséges oxigén mennyisége.

Elméleti oxigénigény (EOI): a szerves anyagnak vízzé és szén-dioxiddá történő teljes oxidáláshoz elméletileg szükséges oxigénigény.

Összes szerves szén (angolul Total Organic Carbon, TOC): a szennyvízminták elemzésekor ezen érték mérésére azért van szükség, mert a TOC és a KOI értékek nem függetlenek egymástól. Különböző arányszámokkal lehet jellemezni a köztük lévő viszonyt. A meghatározás lényege, hogy a szerves szenet oxigénnel és hőközléssel, ultraibolya sugarakkal, kémiai oxidáló szerekkel vagy ezek variációival szén-dioxiddá oxidálják. A szén-dioxid mennyiséget különböző elveken működő analizátorokkal mérik és az eredményt szénre vonatkoztatják.

1.1.3. A víz biológiai jellemzői

A biológiai vízminőség a víz azon tulajdonságainak összessége, amelyek a vízi ökoszisztémák életében meghatározó szerepet töltenek be.

A víz biológiai jellemzői, illetve a biológiai vízminőség változásai és mutatószámai 4 nagy csoportba sorolhatók, ezek a halobitás, a trofitás, a szaprobitás és a toxicitás.

A **halobitás** a víz azon szervetlen kémiai tulajdonságainak összessége, amelyek biológiai szempontból fontosak, például összes sótartalom és az ionösszetétel. Ha változik a víz halobitása, akkor megváltozik a benne élő szervezetek minőségi és mennyiségi összetétele is.

A **trofitás** a vízi ökoszisztéma elsődleges szervesanyag-termelésének a mértéke, amelyhez fém, szervetlen növényi tápanyagok, megfelelő hőmérséklet és klorofilltartalmú növényzet szükséges. Ha a növényi sejtek felépítéséhez szükséges elemek közül csak egy is hiányzik, az már gátló tényezőként hat. Legtöbbször a foszfor a minimumfaktor, éppen ezért a foszfort tartalmazó szennyvizek élővizekbe

engedése a vízi növényzet elburjánzását okozza. A trofitás fokának jellemzésére többféle tényező is alkalmas, ilyenek a vízben élő algák száma, a klorofilltartalom, valamint a foszfor- és nitrogénformák.

A **szaprobitás** a vízben lévő holt anyagok lebontásának a mértéke. Ez függ a heterotróf vízi szervezetek számára táplálékul alkalmas nem mérgező, hozzáférhető (biokémiailag lebontható) szerves anyagok mennyiségétől.[24] Meghatározására több kémiai paraméter (nitrogénformák, kémiai, biokémiai oxigénigény stb.) mérésével, valamint az élőlények szaprobiológiai indikációs elemzésével valósítható meg.[25]

A szaprobitásnak két formája ismert:

- allószaprobitás: a vízbe kívülről bekerülő szerves anyagok által meghatározott,
- autoszaprobitás: a vízben keletkezett szervesanyagok mennyiségével arányos.

A **toxicitás** a víz mérgezőképességét jelöli. Ez függ a toxikus anyagok jelenlététől és kihathat a vízminőségre azáltal, hogy bekövetkezik a vízi élőlények aktivitás-csökkenése, súlyosabb esetben pedig el is pusztulnak. Mértékét azzal a hígítással jellemzik, amilyen hígítású vízben adott idő alatt a kísérleti élőlények fele életben marad. Meghatározása különböző biológiai tesztekkel történik.[26]

1.1.4. A víz bakteriológiai jellemzői

A felszíni vizek és az ivóvizek csak nagyon kis számban tartalmazhatnak kórokozó baktériumokat, azonban a háztartási szennyvizekkel patogén baktériumok is kerülhetnek a vizekbe. Ha ezek a kutakba vagy a vezetékes vízellátásba jutnak, az közegészségügyi problémákhoz, járványokhoz vezethet.

Ezen kórokozók meghatározása a rendeletekben meghatározott módon, táptalajon történő tenyésztéssel valósítható meg. Az eredmény a kifejlődött telepek számával adható meg. A kórokozó baktériumokkal történt szennyezettség meghatározása előtt indikátor mikroorganizmusok kimutatása történik, amelyek jelenlétéből következtetni lehet a vízben előforduló fekális szennyeződésre.

A kólibaktériumok az ember béltraktusában természetes módon előforduló, az emésztés szempontjából nélkülözhetetlen baktériumcsoport. Vízben való előfordulása azt jelzi, hogy a víz a közelmúltban fekáliával szennyeződött. Az Escherchia Coli jelenléte indikátor mikrobaként arra utal, hogy a vízben fekáliás

szennyezés van jelen, ezért a további részletes vizsgálat indokolt például hastífusz, dizentéria, kolera, stb. kórokozókra vonatkozóan.

A vízminősítés a kólititer vagy a kóliszám (coliformszám) alapján történik. A kólititer az a legkisebb ml-ben kifejezett vízmennyiség, amelyből kóli baktérium kitenyészthető.

Ha 1 kólibaktérium található 100 ml vízben, akkor a víz tiszta, ha 10 ml-ben, akkor elég tiszta, ha 1 ml-ben, akkor gyanús és ha 0,1 ml-ben van 1 kólibaktérium, akkor szennyezett, fogyasztásra alkalmatlan. A kóliszám tehát a 100 ml vízből kitenyészthető Coli baktériumok számát jelöli.[21][25]

A víz bakteriológiai vizsgálata során minden esetben meghatározásra kerül még a vízmintából a 22 és 37 C° -on élő és szaporodni képes összes baktériumok száma, ezt nevezzük összcsíraszámnak. Ezen baktériumok nagy része emberre ártalmatlan, megbetegedést nem okoznak, azonban meghatározásuk mégis fontos a víztisztítási eljárások hatékonyságának ellenőrzésében.

1.2. A víz minősítése

A vízminőség a víz fizikai, kémiai és biológiai tulajdonságainak összességét jelenti. Ezen tulajdonságok nagy részét már az előzőekben bemutattam, így most az alkalmazott csoportosítási kategóriákra térek ki.

A vízminőség meghatározására többféle csoportosítás is elterjedt, de a leggyakrabban használt kategóriák a következők:

- kiváló minőségű,
- jó minőségű,
- tűrhető minőségű,
- szennyezett,
- erősen szennyezett víz.[28]

A felsorolt kategóriák közül a kiváló és a jó minőségű víz emberi fogyasztásra alkalmas. A tűrhető minőségű vizet is fel lehet használni, azonban megfelelő tisztítási eljárást kell alkalmazni előtte. Az utolsó két kategória, a szennyezett, valamint az erősen szennyezett víz emberi fogyasztásra alkalmatlan és közvetlen vagy közvetett érintkezése sem ajánlott a fertőzés- és szennyezés-veszély miatt.

A gyakorlatban azonban a vízminőség meghatározására általános módszer nem ismeretes és nincsenek olyan mutatószámok sem, amelyekkel a vízminőség jól

kifejezhető lenne. A vizeket a gyakorlati felhasználás alapján célszerű osztályozni. Ilyen a következő besorolás is:

- ivóvízellátásra,
- ipari vízellátásra,
- öntözésre és
- egyéb vízhasználatra alkalmas.[24]

Más szemszögből való megközelítés esetén a felhasználás módját alapul véve az alábbi minőségi osztályokat lehet megkülönböztetni:

I. osztály: tiszta víz, minden használatra alkalmas
   - kommunális vízellátás,
   - élelmiszer és egyéb ivóvízigényű ipari vízellátás,
   - pisztrángtenyésztés,
   - maximális igényű fürdés.

II. osztály: kissé szennyezett víz, bizonyos vízellátásra és egyes ipari célokra megfelelő előkészítés után használható, előkészítés nélkül az alábbi célokra használható
   - haltenyésztés,
   - sport,
   - üdülés,
   - állattenyésztés vízellátása.

III. osztály: szennyezett víz, számos célra használható a víz előkészítése után
   - mezőgazdasági öntözés,
   - ipar.

Fontos azonban a gyakorlatban a felhasználás pontos célját is megadni, hiszen a vízminőség igények igen eltérőek az egyes tevékenységeknél. Az ivóvíznél eltűrt vas- és mangánkoncentráció a textiliparban, a fehér kelmék színezésénél megengedhetetlen. A magas sótartalmú artézi víz kiváló gyógyvíz, de öntözésre nem alkalmas. A gyakorlatban tehát valamilyen célra alkalmas vízminőség megállapításáról van szó.[29]

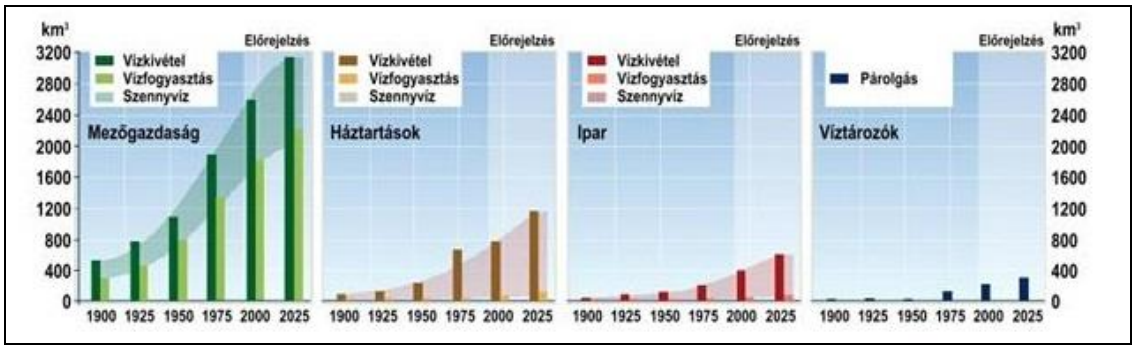
1.3. A vízfelhasználók körének változása

A víz felhasználási területeitől függően eltérő csoportokat tudunk megkülönböztetni egymástól, amelyek más minőségi igényeket követelnek meg.[30] A legjelentősebb vízhasználó ágazat a mezőgazdaság, majd a háztartások, az ipar és az egyéb célból

tárolásra elkülönített szektorok következnek. A 4. ábráról leolvasható az egyes szektorok vízhasználatának az elmúlt évszázadban bekövetkezett jelentős globális növekedési tendenciája és a következő évtizedre becsült várható trendje.

A háztartások és az ipari szektor vízfogyasztása a mezőgazdasági szektor mögött maradnak, ennek ellenére hatásuk mégis rendkívül nagy a környezetbe visszajuttatott szennyvíz szervesanyag tartalma miatt. A szennyvíz mennyisége és minősége sok tényezőtől függhet, ilyen például a gyártási termék, a szezonalitás, az időjárás, a technológiai eljárás, stb.

A szektoronkénti globális vízfelhasználás is rendkívül nagy különbséget mutat az egyes régiók között, mely elsősorban a népességnövekedés és a gazdasági fejlődés függvénye. A háztartások egy főre jutó vízfelhasználása a fejlett országokban például 500-800 liter naponta, míg a fejlődő országokban ennek csupán kb. hatoda, 60-150 liter naponta.



4. ábra: A globális vízhasználat alakulása ágazatonként a múltban és becsült értéke a jövőben, 1900-2025 időszakra, az UNEP nyomán, Forrás:[31]

A világviszonylati alakulásokhoz hasonlóan alakul a vízfogyasztás hazánkban is. Ezen az ábrán megfigyelhető az előrevetített fogyasztás mértéke, melyet az 1980-as években úgy képzeltek el, hogy folyamatosan növekszik majd. Ehhez képest a Magyar Víziközmű Szövetség 2015-ben kiadott tanulmánya alapján a háztartások vízfogyasztása csökkenő tendenciát mutat.[32] Ez több tényezőnek is köszönhető, egyrészt megváltoztak a fogyasztási szokások, környezettudatosabbá válik az élet, másrészt egyre inkább elterjednek az energiatakarékos termékek is, melyek főképp az ipart és a háztartásokat érintik.[3]

1.4. A vízellátás biztosításának követelményei

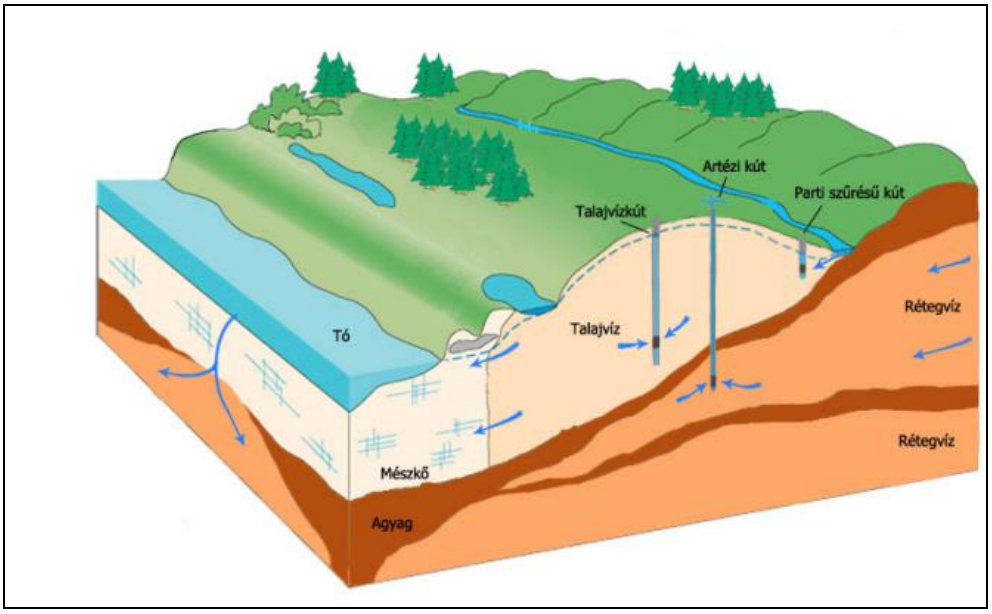
A vízellátás számos célt szolgál, kielégíti a különböző vízigényeket, biztosítja az élet feltételeit a közegészségügyi és higiéniai követelmények betartása mellett. Ezen

kívül garantálja az ipari és mezőgazdasági üzemek vizet igénylő folyamatait és a tűzoltás lehetőségét is. A vízellátás feladata, hogy a kiépített csővezeték hálózaton keresztül ellássa szükséges mennyiségű és minőségű vízzel a települések lakosságát, illetve a különböző intézményeket, közlekedési létesítményeket, a települések ipari-, szolgáltató- és mezőgazdasági vállalkozásait. Egy település vízigényét több dolog is befolyásolja, például a település jellege, az iparosodottsági foka, a csatornázottsága, az ipari üzemek technológiája, az ipari vízgazdálkodás színvonala, a lakosság életkörülményei és szokásai.

A vízellátás legelső lépése a víz víznyerő helyekről történő kinyerése. Ezt nevezzük nyersvíznek. Kinyerése történhet felszíni vagy felszín alatti vizekből.

1.4.1. Felszín alatti vizek

Bolygónk nyersvíz készletének 95%-a a felszín alatti kőzetekben és ásványokban szerkezetileg kötött állapotban van és ezt nem is tekintjük a vízvagyon részének. Környezetvédelmi szempontból csak azt a felszín alatt lévő víztömeget tekintjük felszín alatti víznek, amely a talajban és az anyakőzetben szerkezetileg nem kötött állapotban, hanem az anyagi részecskék között folyékony formában, esetleg gőz alakjában fordul elő (5. ábra).[33]



5. ábra: Felszín alatti vízkészletek típusai[34]

A talajvíz a felszín alatti vízkészletnek azon része, amely az első vízzáró réteg fölött helyezkedik el. Keletkezése két módon is történhet, egyrészt a felszínről leszivárogott csapadékvíz útján, másrészt pedig a gravitáció hatására a felszíni vizek

vízáteresztő rétegében tovább haladva, amíg el nem éri a vízzáró réteget. A vízminőség-védelem szempontjából ez az egyik legsérülékenyebb közeg. A talajvíz ugyanis nagy felületen érintkezik a felszínnel, emellett pedig az ide bekerülő szennyező anyagok hosszú ideig ebben a közegben maradnak, ellenben a folyóvizekkel, ahol viszonylag gyorsan felhígulnak, cserélődnek.[13][33]

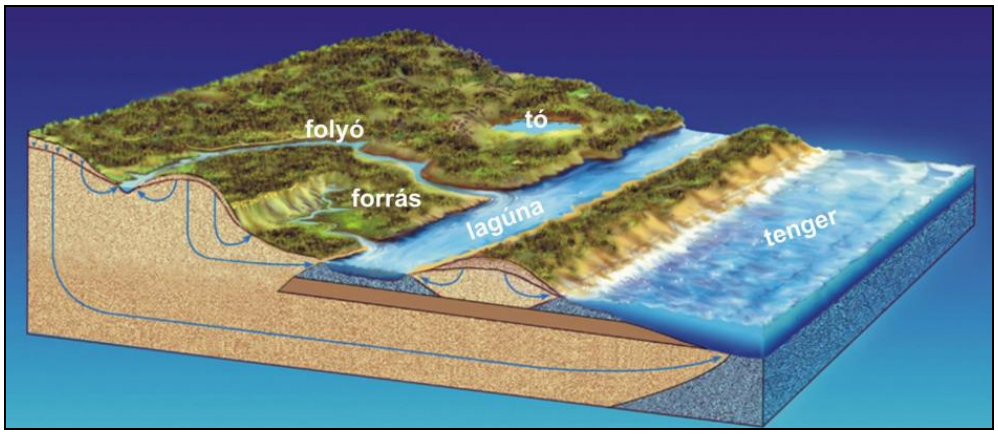
A rétegvíz, vagy más néven artézi vagy mélységi víz általában két vízzáró réteg között helyezkedik el, 20 métertől több kilométerig terjedő mélységben nyúlik el. Minden esetben mentes szennyezőanyagoktól és fertőző mikroorganizmusoktól, emellett majdnem mindig tartalmaz vasat és szén-dioxidot, oxigént viszont nem.[25]

A befogadó kőzetanyag függvényében tartalmazhat különböző oldott anyagokat, sókat, ammónium-, szulfid- és kloridionokat is. A meghatározott mennyiségű ásványi sót tartalmazó vizet ásványvíznek, a 25-30°C felettit pedig termálvíznek nevezzük.[33]

A karsztvíz a karbonátos kőzetekben a szénsavtartalmú víz által kioldott üreg- és járatrendszerben tárolódó és mozgó, valamint a hegységszerkezeti nyomás vagy mozgások által kialakult hasadék- és repedéshálózatban mozgó víz. A felszínről beszivárgással vagy víznyelőkön át jut a hegység hasadékaiba és járataiba. A felgyülemlő karsztvíz a völgyek oldalán állandó bővizű vagy időszakos karsztforráson át jut a felszínre. Karsztvíz-készletnek nevezzük a karbonátos kőzetek (mészkő, dolomit) változó méretű repedéseit, hasadékait, járatait kitöltő vízkészletet. A karsztvíztárolók lehetnek felülről fedettek, ezek a fedett karsztok, illetve nyitottak, amikor a terepfelszínig érnek és így felülről fedetlenek, ezáltal a felszíni eredetű szennyeződésekkel szemben is védtelenek. A karsztvizek rendszerint tiszták, jó ízűek, ivásra alkalmasak, csak nagyobb esőzések idején zavarosak, keménységük nagy.[20]

1.4.2. Felszíni vizek

A felszíni vizekhez tartoznak a folyók, a tavak és a mesterséges tározók, valamint a tengerek is (6. ábra). A patakok és folyók vize a felszínen összegyűlő csapadékvízből, a talajból kiszivárgó és mesterségesen kiemelt vízből tevődik össze.



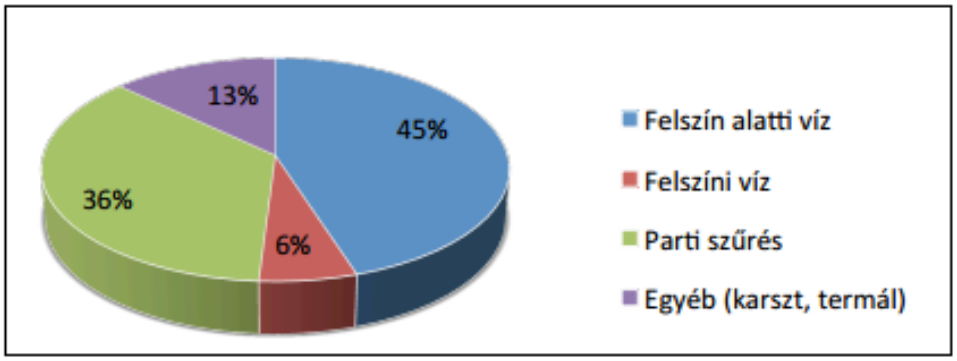
6. ábra: Felszíni vizek típusai[34]

A folyóvizek a kútvizekkel ellentétben kevesebb oldott sót, viszont sokkal több lebegő anyagot tartalmaznak, amelyek többségében ásványi, növényi eredetű és ipari szennyezések. A folyóvizek öntisztulásra is alkalmasak azáltal, hogy a bennük lévő baktériumok a folyókba kerülő szerves szennyezések oxidálására képesek.[13]

Magyarországon a teljes vízellátás 94%-át a felszín alatti vizekből nyerjük, hiszen ezek a készletek gyakorlatilag az egész ország területén megtalálhatók és hasznosíthatók is. További előnyük, hogy általában kevésbé szennyeződnek, így tisztításuk is gazdaságosabb.[35]

A felszíni vizet, annak ellenére, hogy ez jóval nagyobb mennyiségben található meg, mint a felszín alatti víz, csak azokon a területeken használják ivóvízként, ahol más módon nem lehetne megoldani az ivóvízellátást. Ennek az az oka, hogy a felszíni vizek közvetlenül kitettek a szennyezőknek, s ezért a tisztításuk is költségesebb.[36]

Magyarországon az ivóvíz származásának helyét a 7. ábra mutatja.



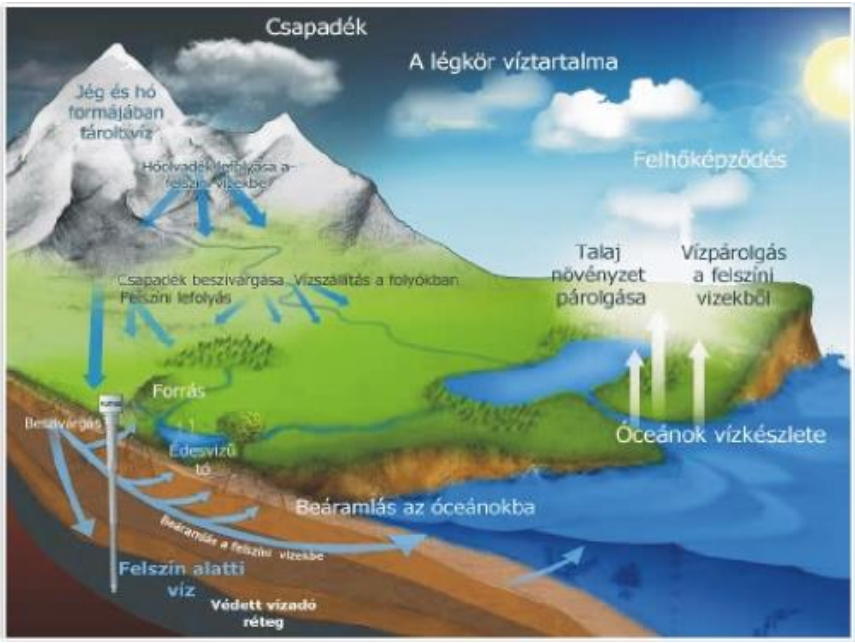
7. ábra: Hazai közműves ivóvízellátás megoszlása a nyersvíz eredete szerint[37]

Ebből is látható, hogy elsősorban felszín alatti vízből (főleg rétegvízből és parti szűrésű kutakból) származik, a felszíni vízkivétel csak a teljes ivóvízellátás kb. 6%-át teszi ki.

1.4.3. Az ásványvizek kialakulása

Európát az ásványvíz források hazájaként is emlegetik. A Föld azon régiója, ami bővelkedik az ilyen jellegű forrásokban, és ezeket rendkívüli módon ki is használja az emberiség. Hazánk Európán belül is kiemelkedik a magas számú ásványvízlelőhelyeivel, hiszen hatalmas földalatti vízkészlettel rendelkezik, emellett pedig rendkívül gazdag gyógyvizekben is.

Az ásványvizek keletkezése rendkívül összetett folyamat, amelyet számos tényező befolyásol, mint például a fizikai, kémiai és biológiai jellemzők. Ahogy a 8. ábrán is láthatjuk, ez a folyamat kapcsolatban áll a víz körforgásával.



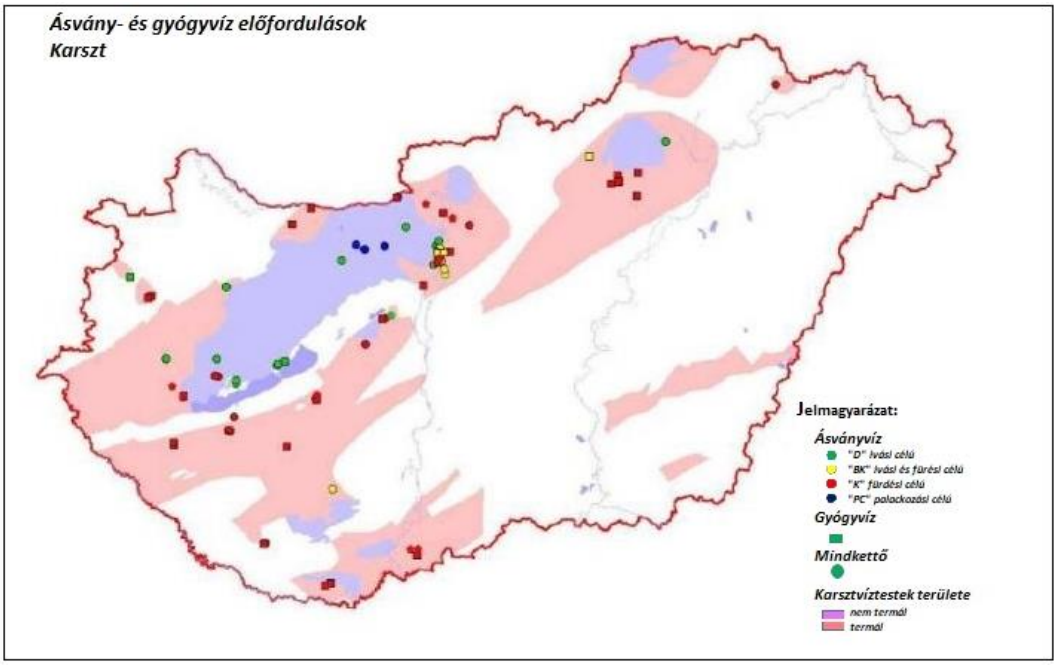
8. ábra: Víz körforgása[38]

Az alacsonyabb hőmérséklet a vízpárát kondenzálja, ami által csapadék képződik, s ez visszajut a Föld felszínére, majd innen továbbhalad a mélybe. Ha a felszínhez közel első vízzáró réteg felett marad a lehullott csapadék, akkor ezt talajvíznek nevezzük. Ennek mélysége a felszínhez képest néhány métertől akár 20-30 méterig is terjedhet. Ez a vízzáró réteg rendkívül sérülékeny, ki van téve a kémiai és a mikrobiológiai szennyeződéseknek is. A rétegvíz két vízzáró réteg között helyezkedik el, ennek mélysége 20 métertől néhány ezer méterig terjedhet. A vízzáró rétegek összetételétől függ, hogy ez a víz mennyire sérülékeny. A rétegvizet, ha oldott ásványi anyag tartalma meghaladja az 500 mg/l értéket ásványvíznek nevezzük.[39]

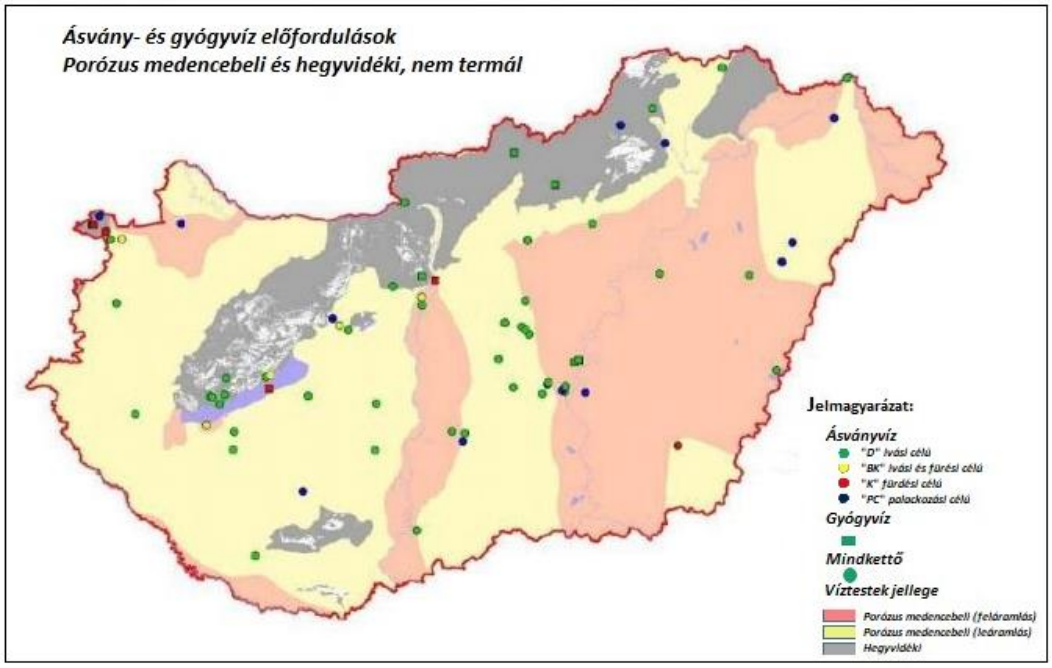
A természetes ásványvizek közül szén-dioxid tartalomtól függően az alábbi kategóriákat különböztetjük meg:

- dús: 6-7 g/l szén-dioxidot tartalmazó természetes ásványvíz,
- enyhe: 2-4 g/l szén-dioxidot tartalmazó természetes ásványvíz,
- csendes: 0 vagy 1 g/l-nél kevesebb szén-dioxidot tartalmazó természetes ásványvíz, gyakorlatilag szénsavmentes.

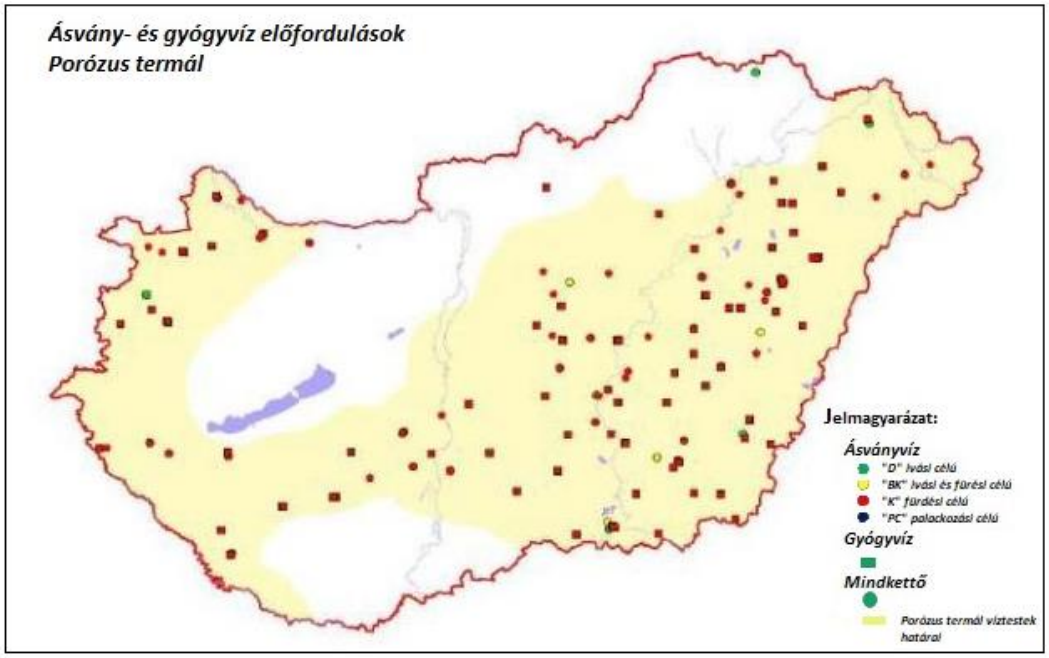
A különböző ásvány- és gyógyvíz-előfordulásokat részletesen a 9., 10. és 11. ábra mutatja be.



9. ábra: Ásvány- és gyógyvíz előfordulások (karszt)[40]



10. ábra: Ásvány- és gyógyvíz előfordulások (porózus, medencebeli és hegyvidéki, nem termál) [40]



11. ábra: Ásvány- és gyógyvíz előfordulások (porózus termál)[40]

1.5. Az ivóvíz fogyaszthatóságának feltételei

Az előzőekben a vízről általánosságban írtam, azonban most rátérek arra, hogy mitől lesz a vízből ivóvíz. Az ivóvíz az emberi fogyasztásra alkalmas víz, amely megfelel az ivóvíz szabványok előírásainak. Amennyiben oldott ásványianyag- tartalma meghaladja az 500 mg/l-t, ásványvíznek minősül. Ivóvíz hagyományosan artézi kútból, természetes forrásból, tavakból, folyókból, tengerből nyerhető. A nyersvíz

kezelés után a szabványokban előírt paramétereknek megfelelően az elosztóhálózaton keresztül jut el a fogyasztókig (12. ábra).

12. ábra: Ivóvízellátás egyszerűsített folyamatábrája. [Forrás: saját készítésű ábra a [41] forrás alapján]

Magyarországon a talajvizek legnagyobb része jelentősen szennyezett biológiai- és vegyi anyagokkal, emiatt évtizedek óta alkalmatlan ivásra.

Az ivóvizek minősége szigorúan szabályozott, azonban sok esetben mégis előfordul valamilyen jellegű minőségromlás. Ezt különböző jellegű kockázati tényezők okozhatják, amelyek fizikai, kémiai, radiológiai és biológiai eredetűek lehetnek. A továbbiakban a biológiai kockázatokkal foglalkozom részletesebben, hiszen ezek sok esetben az emberi szervezetre is károsak lehetnek. A biológiai veszélyek közül leginkább a baktériumokat, vírusokat, protozoonokat, gombákat, férgeket kell megemlíteni, melyek járványok, fertőzések kialakulásához is vezethetnek. A vízzel kapcsolatos fertőző megbetegedések esetén a leggyakoribb tünetek a hasmenés, a hányás és a magas láz, de egyes helyzetekben más tünetek is jelentkezhetnek. Az ilyen jellegű fertőzések pedig általában nem csak egy embert érintenek, sok esetben alakulhatnak ki járványok. Az ilyen jellegű járványok leggyakoribb ismertetőjegye, hogy a megbetegedések egybeesnek a vízellátási területekkel és egyszerre sok ember betegszik meg.[42]

A biológiai eredetű kockázatoknál mindenképp meg kell említeni a víz szennyeződésének egyik legnagyobb forrását, az ipart. Ezen belül a legtöbb problémát a vegyipar, az élelmiszeripar és a könnyűipar okozza. A szennyvizet gyakran előzetes tisztítás nélkül vezetik vissza a felszíni vizekbe, s ez bizonyos esetekben veszélyesebb, mint a kommunális szennyvíz, hiszen nagy mennyiségű szerves, illetve ásványi szennyező anyagot tartalmaz. Emellett gyakran mérgező anyagot is tartalmaz. A kommunális eredetű szennyvizek alatt a települések által használt vizet értjük. Ezek gyakran tartalmaznak szerves anyagokat, fehérjéket, zsírokat és szénhidrátokat is. Mindezek mellett megtalálhatók még benne biológiai szennyezők is, úgy, mint vírusok (például Hepatitis A, Norwalk vírus), illetve baktériumok (például Escherichia Coli, egyéb coliform baktériumok).[13]

Az ivóvízforrást és az ivóvízminőséget a mikrobiológiai és a biológiai tulajdonságuk alapvetően meghatározza. Az ivóvíz minőségi követelményeiről és az ellenőrzés rendjéről szóló 201/2001. (X. 25.) Kormányrendelet határozza meg a kötelezően vizsgálandó bakteriológiai paramétereket, illetve az ezekhez tartozó határértékeket. Ezen paraméterek betartásával lehet garantálni a megfelelő minőségű ivóvizet.

A következőkben a vízben előforduló biológiai kockázati tényezők közül a baktériumokat mutatom be részletesebben.

Baktériumok

A baktériumokat többféle módon is csoportosíthatjuk, jelen esetben én az alapján mutatom be őket, hogy melyik jelenléte vezet vízminőségromláshoz, illetve melyik veszélyes közegészségügyi szempontból vagy okoz járványokat.

A ***vízminőség romlását*** idézheti elő a Clostridium perfringens, mely szulfitredukáló anaerob baktérium. A spórái a vízben hosszú ideig is elélhetnek és a fertőtlenítésnek is jól ellenállnak. Eltávolításuk a vízből szűréssel lehetséges, így esetleges jelenlétük a szűrési eljárás hibáira utal.[43]

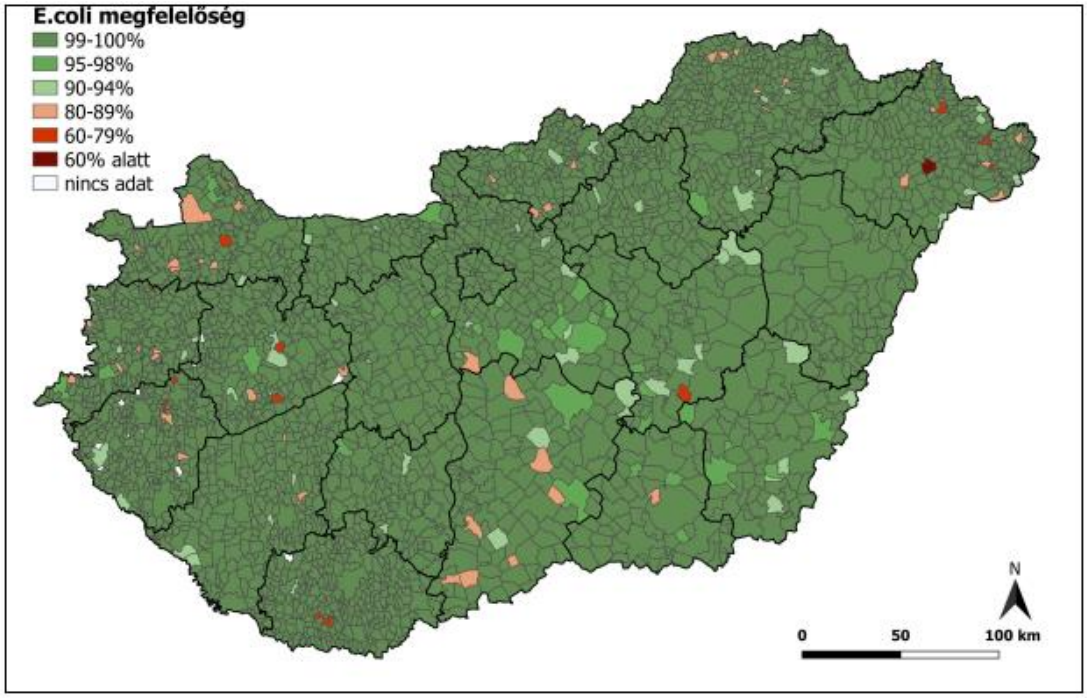
A Coliform baktériumok úgynevezett fekális indikátorok, vagyis jelenlétükből szennyvíz eredetű szennyeződésre, illetve kórokozó előfordulására lehet következtetni. Elsősorban az általános bakteriális szennyezettség fokmérője.[44]

A 22°C-on megnövekedő baktériumok száma a vízhálózat általános bakteriális szennyezettségéről, valamint a hálózat és az ivóvíz általános állapotáról ad információt. A magas telepszám általában a vízhálózatban történő utószaporodás következménye. Hozzájárulhat ehhez a hálózat korróziója, a víz pangása, vagy a nyersvíz nagy szervesanyag tartalma is. Eredendően magas telepszám jellemző olyan területeken, ahol a nyersvíz hőmérséklete tartósan magas. A 22°C-on meghatározott telepszámot emberre veszélytelen környezeti baktériumok alkotják és jelentős egészségkockázatuk nincs. Indikátor baktériumként is funkcionál, hiszen a telepszám megemelkedése azt jelzi, hogy a vízhálózatban uralkodó körülmények optimálisak a baktériumok szaporodásához. A telepszám megemelkedése esetén az elsődleges megoldás a hálózat mosatása. Ezzel a különböző ásványi vagy mikrobiális lerakódásokat lehet eltávolítani.[43]

Közegészségügyi szempontból problémát okozhat a Pseudomonas aeruginosa és a Legionella is. A Pseudomonas aeruginosa gyakran megtalálható a talajban, a vízben, a szennyvízben és a fekáliában is. Fekáliás indikátorként nem alkalmas, ugyanis a

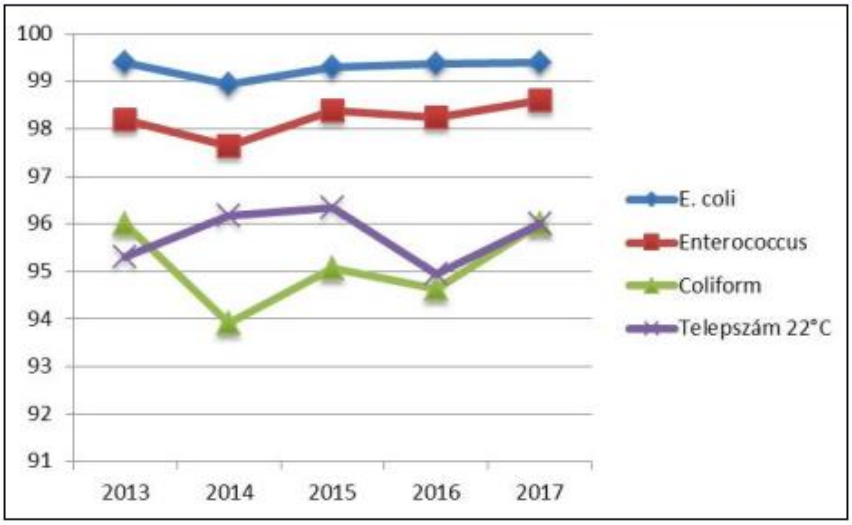
vízben és a vízzel érintkező szerves anyagok felszínén meglehetősen gyorsan el tud szaporodni. Fertőzésveszélyt hámsérülések, sebek, illetve belélegzés útján jelent. Jelenléte a víz mikrobiológiai minőségének romlására utal.[42] Alkalmi patogén, főleg csecsemőkre, legyengült, beteg szervezetekre veszélyes.[45] A Legionella vizes közegben általánosan előforduló baktériumnemzetség. Több mint 50 faja ismert, ebből legalább 20 lehet emberi kórokozó is. A fertőzést nem a vízivás, hanem a mikrobát tartalmazó vízpermet belélegzése okozza (például zuhanyozás során, vagy a WC öblítésekor). Elszaporodhat bármely olyan vizes környezetben, ahol lassú áramlású vagy pangó víz van jelen, amelynek hőmérséklete 20-55°C között van. Egészséges emberre általában nem veszélyes, inkább a legyengült immunrendszerűek számára jelent egészségügyi kockázatot.[42]

Az Esherichia coli (E. coli) jelenlétéből szennyvíz vagy szennyezett talajvíz eredetű szennyezésre lehet következtetni. Előfordulását okozhatja többek között csőtörés és talajszivárgás is. Az E. coli enterális fertőzést okozhat, azonban leggyakrabban mégsem maga a baktérium jelenti az egészségügyi kockázatot, hanem a coliformokhoz hasonlóan fekális indikátor.[44] Ahogy a 13. ábrán is látszik, hazánkban csak kevés alkalommal, esetenként fordult elő E. coli szennyezettség, ez is túlnyomó részt csőtörést követően volt megfigyelhető.



13. ábra: E. coli megfelelőség aránya településenkénti bontásban, 2017[46]

Sok esetben az ivóvíz másodlagos szennyeződéséről is beszélhetünk, mely az elosztóhálózatban jelentkezik, s ezt az indikátor baktériumok elszaporodása (telepszám 22°C-on és coliform baktérium határérték túllépése), valamint a mikroszkópos biológiai kifogásoltság jelzi (14. ábra). Ez különösen a dél-dunántúli és az alföldi településeken okoz problémát. Ennek elsődleges oka a hálózatok kora és állapota, valamint a csökkenő vízhasználatból adódó megnövekedett tartózkodási idő lehet. Kiemelt kockázattal jár a szokottnál melegebb, magas szervesanyag, vagy vas-mangán tartalmú víz a másodlagos vízromlás szempontjából.[46]



14. ábra: Az ivóvízminőség változása a mikrobiológiai paraméterek vonatkozásában 2013-2017. Az egyes paraméterek megfelelősége százalékban van kifejezve[46]

A ***járványt okozó baktériumok*** között meg kell említeni a Vibrio, illetve a Shigella fajokat is. A Vibrio cholera súlyos járványokat okozott a múltban, amiben milliók vesztették életüket, azonban egyes országokban még ma is előfordul a fertőzés. Leggyakoribb forrása a fekáliával szennyezett ivóvíz, illetve az ezzel öntözött és mosott élelmiszer. A kolera az egyik leggyorsabban kifejlődő betegség. A baktérium enterotoxint termel, amely gátolja a bélhámsejtekben az iontranszportot, ezáltal pedig dehidratáló hasmenés következik be. Megfelelő terápia nélkül nagyon magas a halálozási arány, 20-60% között mozog.[47] A Shigella nemzetségben négy fajt is megemlítenek, mint a vérhas kórokozói. Hazánkban a Shigella sonnei a legelterjedtebb, mely emberről emberre közvetlenül és közvetve (étellel, vízzel, széklettel) is terjed. Hasmenést, véres székletürítést és végbélgyulladást okozó fertőző betegség, mely általában 3-5 nap alatt spontán gyógyul, viszont csecsemőknél és alultáplált felnőtteknél halálos végkimenetelű is lehet.[45]

A fentebb jellemzett mikrobiológiai paramétereket és az ezekhez tartozó határértékeket az 1. táblázatban találhatjuk. Ebből is látszik, hogy a vízben nem lehet jelen Esherichia coli, Enterococcus és Pseudomonas aeruginosa baktérium. Az összcsíraszámra, vagyis más néven telepszámra más-más határértékek vonatkoznak attól függően, hogy 22 vagy 37°C-on határozzuk meg őket.

Vizsgálati jellemző	Határérték	Előírás
Escherichia coli (E. coli)	0/250 ml	201/2001. (X. 25.) Korm. rendelet
Enterococcusok	0/250 ml	
Pseudomonas aeruginosa	0/250 ml	
Telepszám 22 °C-on	100/ml	
Telepszám 37 °C-on	20/ml	
Legionella	kockázatkezelési intéz-kedési szintenként eltérő	49/2015. (XI. 6.) EMMI rendelet

1. táblázat: Mikrobiológiai vízminőségi jellemzők határértékei. [Forrás: a szerző összeállítása [48][49] források alapján]

Vírusok

A vírusok vízből való kimutatása, vizsgálata jóval nehézkesebb, mint a baktériumoké. Nehezíti a helyzetet az, hogy a hazánkban érvényben lévő rendeletek nem tartalmaznak ezekre vonatkozóan kötelező vizsgálatokat, illetve határértékeket. A vizekben a vírusok hosszú ideig (3-10 hónapig) is életben maradhatnak, emellett pedig rendkívül ellenállóak, csak az erős fertőtlenítőszerek inaktiválják őket. A vízben esetlegesen előforduló leggyakoribb vírusok az alábbiak: Hepatitis A, Calicivírusok és Rotavírusok.[45]

A vízben terjedő vírusok közül a legismertebb kórokozó a Hepatitis A. A legfőbb fertőzésforrás az ivó-, illetve mosdóvíz nem megfelelő higiéniai szintje, valamint nem megfelelő minősége. Az ételek fogyasztásakor főleg a nyers zöldségektől és gyümölcsöktől és általánosságban minden nyersen elkészített ételtől is javasolt óvakodni, a fertőzésveszély csökkentése érdekében. Egy-két hétig tartó, sárgasággal és rossz közérzettel járó megbetegedést okoz. A vírus a beteg székletével ürül.

A calicivírusok közé tartozó norovírusok (Norwalk-vírusok) okozta megbetegedések a nátha után a második leggyakoribb vírusos fertőzések. Gyomor-bélrendszeri fertőző betegséget okoznak.[45]

Világviszonylatban a rotavírus fertőzés okozza a legtöbb hányással és vizes hasmenéssel járó megbetegedést a gyermekek és csecsemők körében. Súlyosabb esetben kiszáradást is okozhat. A lappangási idő általában 2 nap. A fertőzés forrása a

víz, azonban a kontaktus útján való terjedésének gyakorisága is nagy. Gyakran ez okozza az utazók hasmenésének nevezett betegséget is. Veszélye abban rejlik, hogy a nagyfokú vízvesztés következtében enyhébb vagy súlyosabb fokú dehidratáltság alakul ki, amely akár életveszélyes állapottal is járhat.

Egyéb biológiai kockázatok

Protozoákról, vagyis az állati egysejtűekről elmondható, hogy a fertőzés forrása a fekáliával szennyezett víz. A fertőzött embereknél fejfájás, hányás, hasmenés, kiszáradás jelentkezhet. Megelőzésükben fontos a személyi és a környezeti higiénés rendszabályok betartása és a víz fekális szennyeződésének elkerülése.

A férgek közül az emberi szervezetet víz útján fertőzik a hengeresférgek, illetve a szalagférgek. Jelenlétük külső szennyeződést, a vízhálózat műszaki problémáját, csőrepedést és a csőszerelvények nem megfelelő illeszkedését jelentheti. Általában nem paraziták, viszont az általuk elfogyasztott egysejtű kórokozóikkal fertőző ágenssé képesek válni. Szerencsére az ivóvízben az előfordulásuk nagyon ritka.[47]

A cianobaktériumok, vagy ismertebb nevükön kékalgák a baktériumokkal szoros rokonsági kapcsolatban állnak. Sejtjeik felépítése alapvetően megegyezik a baktériumokéval, azonban ostoros formáik nincsenek. Toxikus változataik is ismertek, melyek májgyulladást okozhatnak. Meleg időjárás esetén túlszaporodhatnak és így vízvirágzást okoznak.[50]

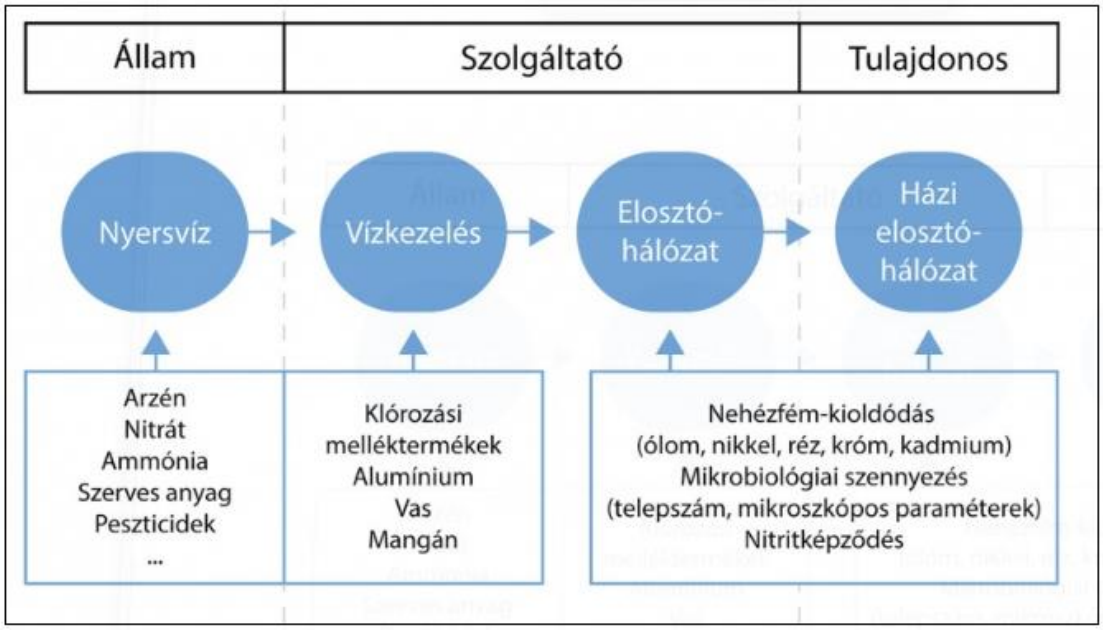
A vas-mangán baktériumok az ivóvízben leggyakrabban előforduló élőlénycsoport. A hálózatban elszaporodva okozzák a víz sárgás-barnás elszíneződését, továbbá íz- és szagrontó hatásuk van. A korróziós és rozsdásodási folyamatokban is szerepet játszanak. Felszíni vizekből és parti szűrésű vizekből származnak leginkább. Íz-, szag- és színrontó hatásúak.

A gombák a felszíni vizekben és a szennyvizekben is előfordulhatnak. Előfordulásuk az ivóvízben technológiai hiányosságokra, állagromlásra utal. A gombaspórák szintén vízminőség rontók lehetnek. Az egészségre károsak, ha különböző toxinokat termelnek.[42]

A következőkben egy ábrán szemléltetem, hogy a vízellátás folyamatában mikor és milyen szennyező anyagok kerülhetnek az ivóvízbe (15.ábra). Az elmúlt időszakban a vízbázisban megjelenő, geológiai eredetű szennyezők közül legtöbb esetben az arzén okozott problémát. Az eredendően nem megfelelő minőségű nyersvíz kezelése

során számos, főleg a fertőtlenítés folyamatából adódó kockázattal, melléktermékkel találkozunk.

Magának a gerincvezetéknek a megfelelő és rendszeres kezelése az ivóvíz-szolgáltatók feladata. Leggyakrabban a hálózatok elöregedése, a különböző, csövekben megjelenő lerakódások (vas-, mangán- és vízkőkiválás) és az ez által kifejlődött és elszaporodó mikroorganizmusok okozhatnak problémát az ivóvíz minőségében. A szolgáltatási, vagy más néven átadási pont után, tehát a vízórától már nem a szolgáltató felelős az ivóvíz minőségéért, illetve az eseteges problémákért, hanem az épület tulajdonosa.



15. ábra: Ivóvízminőséget veszélyeztető tényezők csoportosítása[51]

A házi elosztóhálózatban, tehát az épületen belül is megvan az esélye a vízminőség romlásának. Ezt számos tényező befolyásolhatja, ilyen például, ha a víz hosszabb időt tölt a csővezetékben, magasabb a hőmérséklete, stb., melyek megnövelik a kockázatát a mikrobiális kolonizációnak, illetve az ivóvízzel érintkező anyagokból való kioldódásnak. Általános problémaként jelentkezhet a manapság egyre elterjedtebb háztartási vízkezelő-, tisztító rendszerek bizonyos időközönkénti karbantartásának elmaradása is.

Esztétikai elváltozások

A bakteriológiai problémákon túl esztétikai elváltozások is megjelenhetnek. Az ivóvíz összetételét, ízét, színét és szagát alapvetően a vízforrás típusa (felszíni vagy felszín alatti), illetve geológiai környezete határozza meg. A természetes eredetű ízt,

színt és szagot befolyásolhatják szerves (humin-, fulvin-, ligninanyagok) vagy szervetlen (kőzetekből kioldódó, például vas, mangán) anyagok is. Emellett még szerepet játszhatnak az íz, szín és szag kialakulásában a vízkezelés körülményei, egyes lépései is, például klór tartalmú fertőtlenítőszer használata után klóros íz- és szag jelentkezhet a fogyasztónál. Ezeken a problémákon túl az elosztóhálózat állapota vagy karbantartási hiánya (például üledékképződése) és az épületen belüli vízelosztó rendszer minősége is hozzájárulhat a vízminőség romláshoz. A belső vezetékhálózat anyagából történő fémkioldódás során alakul ki az ivóvizek fémes íze, emellett magas rézkoncentráció mellett kékes-zöldes színűvé válik az ivóvíz. Abban, hogy a szolgáltató által biztosított vízminőség a belső vízvezetékben megváltozik-e, nagy szerepet játszik az épületen belüli vezetékhálózat anyaga, minősége, valamint az ivóvíz fiziko-kémiai tulajdonságai, illetve az üzemeltetés módja is (például a vízhasználat szüneteltetése hosszabb távollét, nyaralás alatt). Vízminőségbeli változást okozhat például a fémvezetékekből kioldódó fémtartalom (réz vagy a műanyag vezetékekből kioldódó szervesanyag-tartalom), ezáltal biztosítva a megfelelő tápanyagforrást a mikroorganizmusok részére, így hozzájárulva azok gyorsabb szaporodásához. Ha 2-3 napnál hosszabb ideig ivóvíz-használati szünet merül fel, akkor csak a pangó víz kifolyatását követően használjuk az ivóvizet ételkészítésre, ivásra. A kifolyatás időtartama alatt (1-2 perc) a víz felhasználható bármely egyéb, a fentiektől eltérő célra (például mosogatás, virág locsolás). Nagyobb vízkeménység mellett kevésbé fordul elő a vezeték anyagából történő fémkioldódás, mivel a vízkő bizonyos szintű védőréteget képezhet a vezeték falán.

A lakosság részéről az ivóvízzel kapcsolatos panaszok általában annak esztétikai jellemzőire (szín, szag, zavarosság) vonatkoznak, melyeknek azonban legtöbb esetben közvetlen közegészségügyi kockázatuk nincs. Minőségi kifogásoltság esetén javasolt minden esetben ellenőrizni, hogy a probléma a szolgáltatás minőségével, vagy pedig az egyedi, belső hálózat állapotával van összefüggésben.

Ezen kívül gyakori probléma még a fogyasztók részéről a fémes íz. A fémtartalom lehet természetes, geológiai eredetű (például vas, mangán, arzén), mely az ivóvíz előállítására használt ún. nyersvíz kőzetekből történő fém kioldását jelenti. Csökkentésükre különféle technológiai eljárások állnak rendelkezésre a vízművekben történő vízkezelési folyamat során. A fémtartalom eredete ezen kívül lehet még antropogén, emberi eredetű szennyezés, például a réz vagy ólom vezetékekből való

kioldódása. Az esetek túlnyomó többségében az ivóvízvezetékekből történő fémkioldódásra többnyire hosszabb, 2-3 napos használati szünet után kerülhet sor. Ebben az esetben az épületen belüli vezetékekben napokig pang a víz, mely így lehetővé teszi a nagyobb fémkoncentráció kialakulását. Ennek elkerülése érdekében a hosszabb ideig nem használt csapokat újbóli használat előtt célszerű kifolyatni. Emellett még gyakori a vasas íz is, amely származhat a vízbázisból vagy a vezetékekből. A vasas ízt, amennyiben nem megszokott, sokan kellemetlennek találják, de az egészségre ez sem ártalmas.[52]

1.6. Az ivóvíz fogyasztási szokások alakulása

Az ivóvíz fogyasztási szokások folyamatos változást mutatnak, melyet az ivóvíz szolgáltatóknak a zavartalan ellátás biztosítása miatt nyomon kell követniük. Az emberi fogyasztásra alkalmas vizeket két csoportra lehet felosztani.[53]

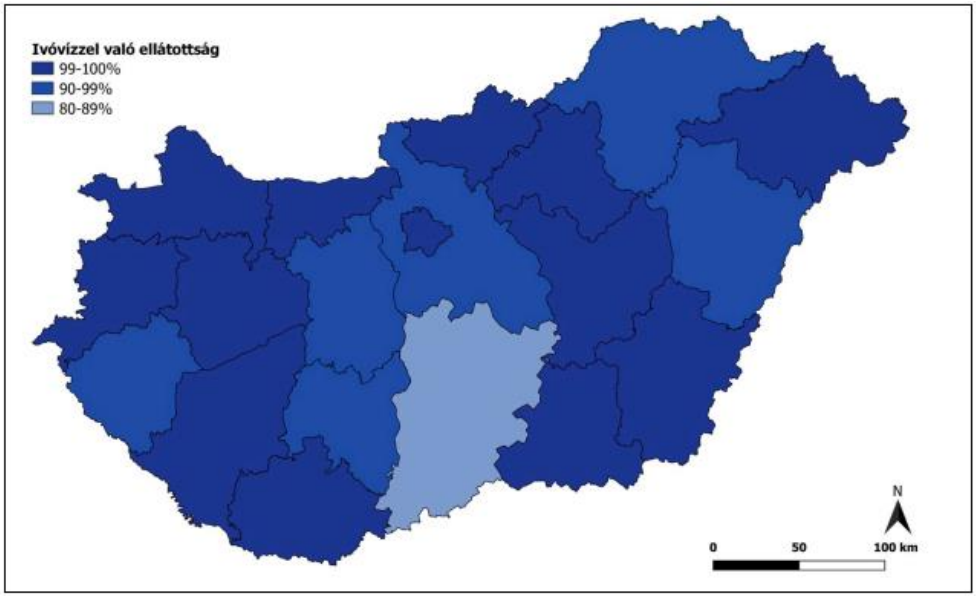
- Természetes eredetű és összetételű vizek: ezek az ásványvizek, melyet kinyerés után egyből palackoznak;
- Mesterségesen kezelt vizek: amiket valamilyen kezelési, tisztítási eljárásnak vetnek alá, majd csővezetékeken juttatnak el a fogyasztókhoz.[54]

A Magyarországon található települések a közműves ivóvízellátás tekintetében nemzetközi összehasonlításban is jó eredményeket mutatnak, hiszen 2007 óta minden hazai településen elérhető a közüzemi vezetékes vízszolgáltatás. Az ellátott lakások országos aránya 2017 végén 94,7%, 2018 végén 95,3% volt. A 2018-as évre, tehát nagyjából egy év alatt az ivóvízvezeték-hálózat is növekedett, közel 248 kilométerrel, a közműves ivóvízellátásba bekapcsolt lakások száma pedig körülbelül 18 ezerrel.

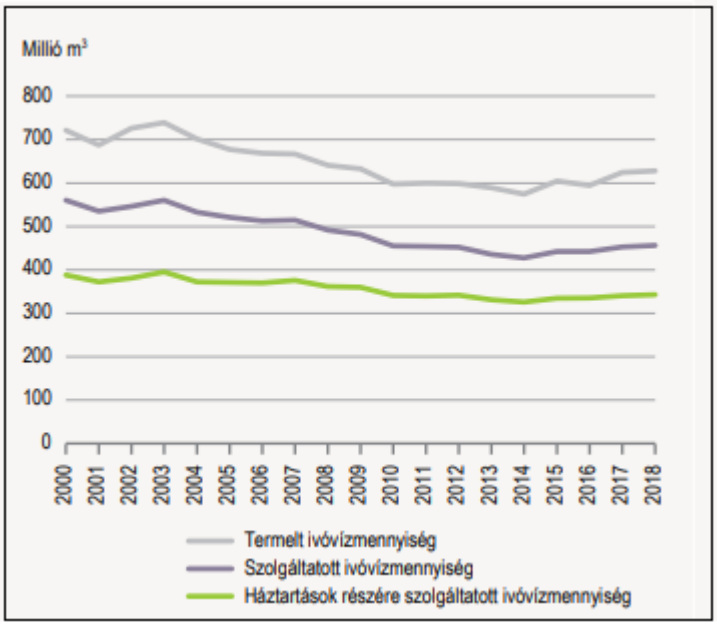
Ugyanakkor továbbra is vannak olyan területek, elsősorban külterületi, tanyasi lakókörzetek vagy üdülőövezetek, ahol nem biztosított a megfelelő vízkivételi lehetőség. Az ivóvízminőség-javító program keretében számos olyan fejlesztés valósult meg, amellyel megteremtették a lehetőséget a korábban ivóvíz nélküli területeknek, illetve nem megfelelő vízminőségű egyedi kutakat alkalmazó személyeknek, településeknek, hogy bekapcsolódhassanak a közműves hálózatba.

A megyénkénti közműves ivóvízhálózatra való csatlakozás százalékos eloszlását a 16. ábrán láthatjuk. Ez alapján elmondható, hogy a legalacsonyabb arány Bács-Kiskun megyében mutatkozik (87,3%), viszont 12 megyében közel 100%-os

ellátottságot tapasztalunk. Egyes ellátással nem rendelkező településrészeken az önkormányzat lajtos kocsival biztosítja az ivóvizet a lakosságnak.[37]



16. ábra: Közüzemi ivóvízzel ellátott lakosság aránya megyénként, 2017[37]



17. ábra: Közüzemi víztermelés és szolgáltatás Magyarországon 2000-2018 között[55]

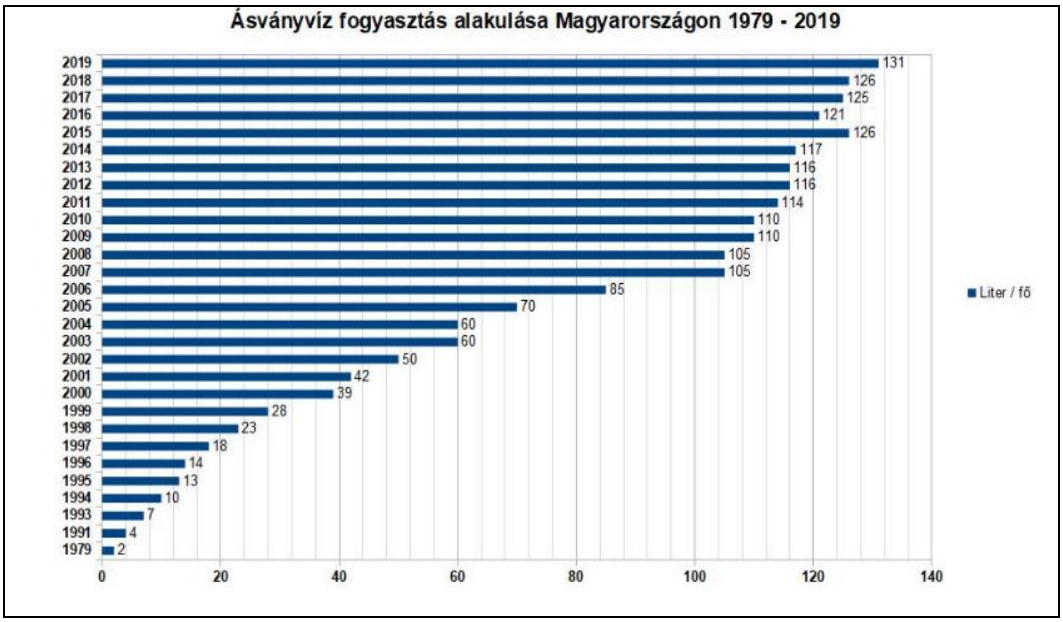
Ahogy a 17. ábra is mutatja, a vizsgált időszakban, tehát 2000 és 2018 között a termelt és szolgáltatott vízmennyiség, ezen belül a háztartások részére szolgáltatott éves ivóvízmennyiség kisebb ingadozásokkal ugyan (38 m^3/főről 35 m^3/főre), de csökkenő tendenciát mutat. Ennek oka lehet az, hogy a 2013-as év közepéig folyamatosan emelkedtek a vízdíjak, megjelent a környezettudatosabb fogyasztás, valamint sok háztartás előnyben részesítette a saját kutas ellátást.

2018-ban a termelt víz éves mennyisége 627,9 millió m^3 volt, ez 13%-kal kevesebb, mint a 2000-es évben, amikor 721,4 millió m^3 volt a kitermelt víz mennyisége. A szolgáltatott vízmennyiség ebben az időszakban mintegy 19%-kal (560,1 millió m^3-ről 456,2 millió m^3-re) csökkent. 2014-től ezek az értékek enyhe emelkedést mutatnak, a termelt (9,3%), az összes szolgáltatott (6,7%) és a háztartások részére szolgáltatott (5,2%) víz mennyisége emelkedett 2018-ra.[55]

Magyarországon az ásványvízfogyasztási szokások az elmúlt időszakban teljesen átalakultak. Annak ellenére, hogy a fejlett és közepesen fejlett országok élelmiszer-fogyasztásában már nem jellemző a forgalom volumenének jelentős növekedése, a magyarországi ásványvízfogyasztás évek óta folyamatosan nő, az élelmiszerek közül az elmúlt 20 évben ez a termékkategória mutatta a legnagyobb növekedést. Számos piackutató (KSH, GfK, AC Nielsen, Medián) felmérése szerint a rendszerváltás óta növekedés jellemzi a magyar ásványvízpiacot a fogyasztási mennyiséget illetően.[56]

Az 1990-es években az ásványvízpiac jelentős szerkezeti átalakuláson és vállalati tulajdonosi struktúra-változáson ment keresztül. A termékek és szolgáltatások viszonylagos állandósága miatt az áru- és szolgáltatáspiacok meglévő gépei, berendezései, szállítóeszközei a gazdaság stabilizátoraiként szolgáltak, a vállalatok közötti kapcsolathálók pedig katalizátorként hatottak a piacra. Az értékesítési pályák szerkezete teljesen átalakult.[57]

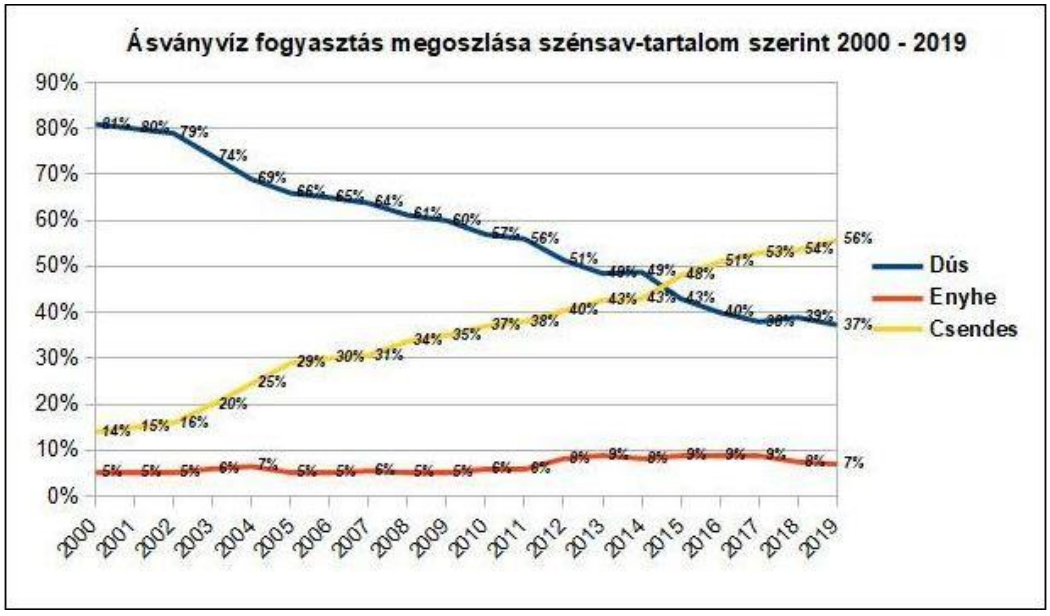
Az ásványvízfogyasztásról általánosan elmondható, hogy a klimatikus adottságok alapvetően meghatározzák a fogyasztás mennyiségét, így a déli államok akár többszörösét, esetenként 6-8-szorosát is fogyaszthatják az északi országokhoz képest.[56]



18. ábra: Ásványvíz fogyasztás alakulása Magyarországon 1979-2019 között[58]

Ahogy a 18. ábrán is látható, mára látványos szintet ért el az ásványvízfogyasztás. Az 1990-es évek elején ezen termék fogyasztása lényegében elhanyagolható volt, 3 liter/fő/év körülire becsülhető. Ebben az időszakban a szomjúság oltására a csapvíz és a hagyományos szódavíz fogyasztása volt döntő jelentőségű, ám ma már mind közül kiemelkedik az ásványvízfogyasztás. Az elmúlt két évtized alatt sokszorosára nőtt az ásványvizek iránti kereslet. A felszíni vizek fokozatos elszennyeződése és a hálózati ivóvizek csekély élvezeti értéke miatt is egyre többen úgy vélik, hogy szomjoltásra az üdítő hatású, természetes, tiszta és egészséges, ásványi anyagokat is tartalmazó ásványvíz jó alternatíva. A változó fogyasztói igényeket mutatja, hogy az ásványvíz szegmensben a korábban uralkodó szénsavas ásványvíz mára 30 százalékot vesztett jelentőségéből. A vásárlói igények eltolódása a szénsavmentes vizek felé világszerte folyamatos, bár a külföldi átlagokhoz képest a magas szénsavas ásványvízfogyasztás a korábban népszerű szódavíznek volt köszönhető hazánkban.[56][59]

Ezt a tényt támasztják alá a Magyar Ásványvíz, Gyümölcslé és Üdítőital Szövetség adatai is, miszerint 1979-ben az egy főre jutó ásványvízfogyasztás mindösszesen 2 liter/év volt, addig 2016-ban már 126 l/év. A csapvíz-fogyasztók aránya 2007 és 2016 között 60-ról 74 százalékra, az ásványvizet naponta vagy hetente többször fogyasztók aránya pedig 70-ről 76 százalékra nőtt.

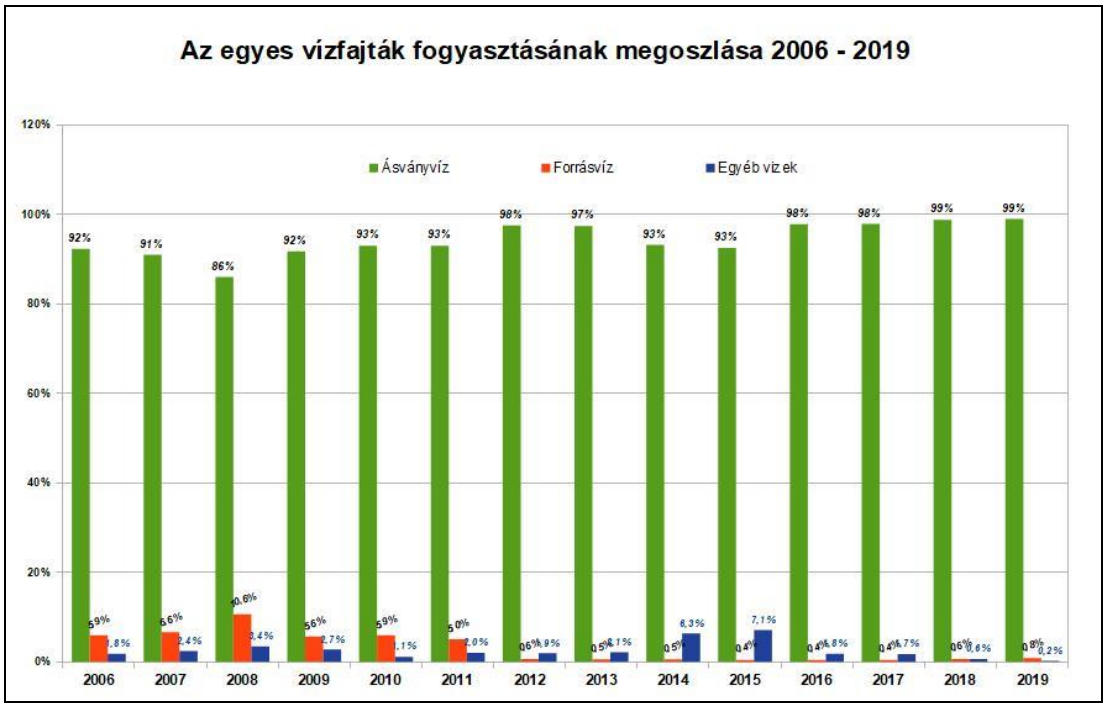


19. ábra: Ásványvíz fogyasztás megoszlása szénsav-tartalom szerint 2000-2019 között[58]

A 19. ábrán jól látható, hogy a magyar lakosság egészen 2016-ig a szén-dioxiddal dúsított vizeket kedvelte jobban. Ekkor megfordult az arány és 2019-ben már az összesen fogyasztott ásványvíz 57 %-a volt a szénsavmentes ásványvíz. Az egészségre gyakorolt hatása szempontjából teljesen indifferens, hogy melyik típust választjuk, hiszen a CO_2 tartalom nem befolyásolja az összetételt.

Általánosságban elmondható, hogy az ásványvíz mindennapi fogyasztási cikké vált, növekedett a fogyasztók száma is és a fogyasztás gyakorisága is.

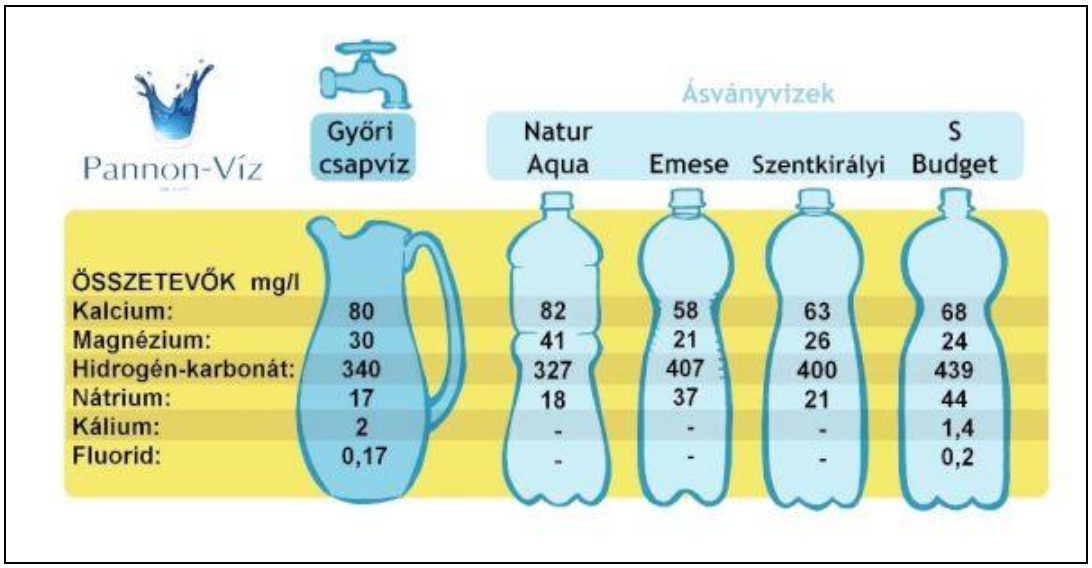
A hazánkban található palackozott vizek többsége ásványvíz, de ezenkívül megtalálható még a boltok polcain palackozott forrásvíz, ivóvíz, illetve különböző dúsított és ízesített víz alapú italok is. Itt fontos azt is megjegyezni, hogy ezeket az ízesített vizeket a 2016-os előírásnak megfelelően már a szénsavas üdítőitalok közé kell sorolni. A 20. ábrán az egyes vízfajták fogyasztásának megoszlási arányát látjuk 2006 és 2019 között.



20. ábra: Egyes vízfajták fogyasztásának megoszlása 2006-2019 között[58]

Azzal valószínűleg kevesen vannak tisztában, hogy a csapvíz is tartalmaz ásványi anyagokat, melynek értéke a területi eltéréseket figyelembe véve akár 300-500 mg/l is lehet. Ez az érték megközelíti a természetes ásványvizekét is.

A Győr-Moson-Sopron megyei víziközmű-szolgáltató, a Pannon-Víz Zrt. egy érdekes összehasonlítást végzett a győri csapvíz és a legnépszerűbb ásványvizek terén. Ezt az összehasonlító elemzést a 21. ábrán tekinthetjük meg.



21. ábra: Pannon-Víz Zrt. összehasonlító elemzése[60]

A laboratóriumi vizsgálatok szerint a vízszolgáltató csapvize legalább olyan gazdag ásványi anyagokban, mint négy ismert ásványvíz márkáé (NaturAqua, Emese, Szentkirályi, S Budget), sőt, egyes mutatókban még le is korózi őket. Mindezek alapján érdemes elgondolkozni azon, hogy a palackozott ásványvizek helyett a mindenhol elérhető csapvizet fogyasszuk. Ezzel a lépésünkkel nem csak környezettudatosabbak leszünk, de pénztárcánkat is megkíméljük a felesleges kiadásoktól.

1.7. A vízellátás biztosítása terepi körülmények között

A lakossági ivóvízellátáson kívül meg kell említeni a katonai táborok vízellátását is, amelyet a polgári szolgáltató rendszerekhez hasonlóan a vonatkozó előírások betartásával, de a katonai sajátosságoknak és követelményeknek megfelelően kell kialakítani. Sok esetben alkalmazzák a mobil víztisztító berendezéseket, amelyek a katonai célú használaton kívül még egyes katasztrófák esetén a sérült vízművek kiváltására is bevonhatók.[41] Annak érdekében, hogy meggyőződjünk arról, hogy megfelelő minőségű ivóvizet állítottunk elő, a kitermelt víz minőségének ellenőrzésébe be kell vonni az egészségügyi szolgálatot is.[61]

A polgári, lakossági vízellátásban a nyersvíz kitermelése alapvetően a felszíni és a felszín alatti vízbázisokból történik. Kinyerésük többségében felszíni vízkivételi művekkel, valamint fúrt kutakkal, aknakutakkal és csápos kutakkal történik. Ezzel szemben a katonai tábori vízellátás biztosításához, ha önálló vízellátó rendszert hozunk létre, a nyersvíz kitermelése döntő többségben felszíni vízbázisokból történik. Ennek egyik fő oka, hogy nem állnak rendelkezésre a felszín alatti vízkitermeléshez szükséges eszközök, amelyek segítségével kutakat építhetnénk. A másik, talán még jelentősebb szempont, hogy a felszíni vízbázisok vízminősége megfelelő védelem, biztonsági intézkedések mellett folyamatosan biztosítható.[62]

Sok esetben alkalmaznak mobil víztisztító berendezést is, azonban itt fontos megemlíteni, hogy esetenként ez problémás lehet, ha nem áll rendelkezésre elegendő információ a vízforrás szennyezettségét illetően. Ez a probléma főleg a külföldi katonai műveletek során jelentkezik, amikor nincs információ arról sem, hogy a vízforrás vízgyűjtő területén található ipari tevékenységek milyen hatást gyakorolnak a víztestekre. Ilyenkor rendkívül nagy jelentőséggel bír az előzetes információgyűjtés, mellyel legtöbb esetben a helyi önkormányzatok rendelkeznek. Terepi felmérést is lehet végezni, azonban ez rendkívül időigényes folyamat. A

vízforrás ABV szennyezettsége jelentősen befolyásolja a mobil víztisztító berendezés vízhozamát is.[63]

A katonai táborok üzemeltetése során biztosítani kell a megfelelő vízellátást, amelyhez komplex, zárt rendszerként hozzátartozik a szennyvízkezelés is.

A tábori vízgazdálkodásnak különböző céljai vannak:

- a katonai erő víz iránti igénye és a természetes hidrológiai adottságok közötti eltérés kiegyenlítése,
- a vízbázis felderítése, értékelés, a víz kitermelése, tisztítása és a felhasználás helyére juttatása és a szükségleteknek megfelelő szétosztása,
- az élővilág, a katonai tábor és környezete javainak megóvása a víz káros hatásaitól.[64]

Ahogy már említettem, a katonai vízellátásra hasonló előírások vonatkoznak, mint a polgárira, azonban a NATO erők részére kialakításra került egy STANAG 2136 szabvány, amely a vízellátás folyamatát szabályozza. Ez a szabvány csak a vízben található mikroorganizmusok határértékeiben, illetve az ellenőrzések gyakoriságában tér el a normál lakossági szabályozástól. Két időegységet különít el a fogyasztás szempontjából: rövid idejű, azaz 7 napig tartó és hosszú idejű, tehát 1 évig tartó fogyasztást. Minél tovább és nagyobb mennyiségben fogyasztják az ivóvizet, annál szigorúbb előírások vonatkoznak rá.[62]

A katonai táborok vízellátása is egy komplex folyamat, amelybe beletartozik többek között:

- a vízigények megállapítása,
- a vízigények kielégítésére alkalmas vízbázis felderítése,
- a vízbeszerzés feltételeinek megteremtése,
- a szükséges víz kitermelése,
- a víz kezelése, tisztítása,
- a víz tárolása és szállítása,
- a víz szétosztása,
- a vízellátó rendszer üzemeltetése, karbantartása,
- a vízminőség ellenőrzése.[63]

Külföldi példákat tekintve is egyértelműen megállapítható, hogy a megfelelő vízellátás biztosítása a kiemelt feladatok közé tartozik. Az Amerikai Egyesült Államok haderejében például az egyik legfontosabb logisztikai feladatok egyike. Az első öbölháború idején az amerikaiak elsődlegesen a befogadó nemzet által

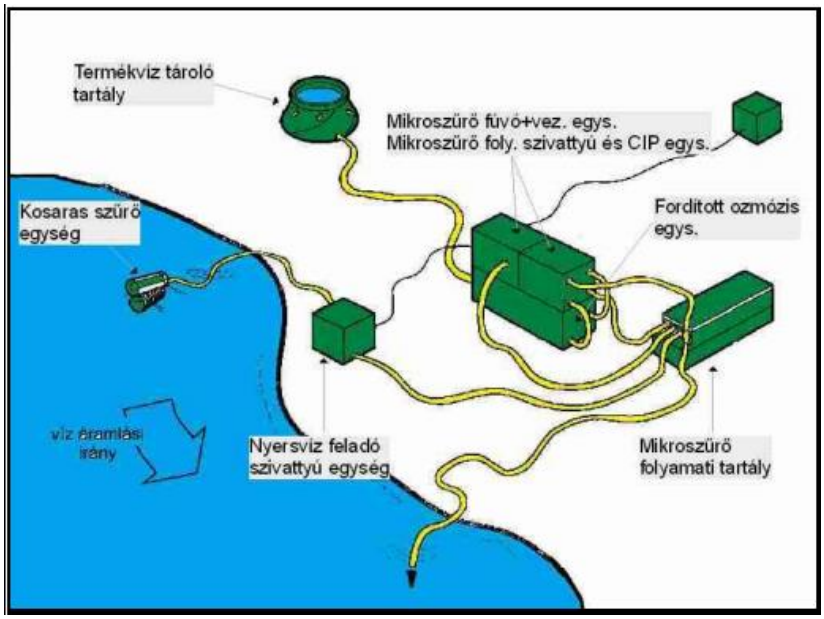
biztosított ivóvíz felhasználásával terveztek, de tartalékként mindig ott voltak a víztisztító alegységek is. Így zajlott ez a Desert Shield (Sivatagi Pajzs) és a Desert Storm (Sivatagi Vihar) hadműveletek során is. A vízellátás szempontjából a Sivatagi Vihar elnevezésű hadművelet nem okozott gondot, hiszen ez csak 5 napig tartott, így a csapatok magukkal tudták vinni a szükséges vízmennyiséget. A Sivatagi Pajzs hadművelet azonban 7 hónapig tartott, így ez már jelentősebb erőfeszítést igényelt a műszaki és logisztikai állománytól is. Szükségessé vált tábori vízellátó eszközök telepítése, mely egy fordított ozmózis elvén alapuló víztisztító és vízpárló berendezésből állt. Számolni kellett azzal a problémával is, hogy a telepített víztisztító berendezések nem tudtak az átlagos teljesítményükön működni a tengervíz magas oldott anyag tartalma miatt. Mindezek következményeként az amerikai csapatok vízigényét nem minden esetben sikerült kielégíteni, alkalmanként a nem ivóvíz minőségű vizet használták ivásra és főzésre is.[65]

Az ivóvízellátás folyamatos biztosítása érdekében hazánk Központi Ivóvízellátó Egységet tart készenlétben, melynek bázistelepe a Fővárosi Vízművek Főtelepe. Ez az egység a BM OKF[2] felügyelete alatt működő Központi Polgári Védelmi Szervezet, amely 13 mobil víztisztítóval és 5 csomagoló és egyben zacskózó géppel képes biztosítani a megfelelő ivóvízellátást akár hosszabb ideig is. A Központi Ivóvízellátó Egységet a Fővárosi Vízművek munkatársai önkéntes alapon működtetik, 44 dolgozó mozgósítható szükség esetén. Felkészítésük folyamatos, évente kétszer tartanak kitelepüléssel együtt járó gyakorlatot is, ezen felül már több esetben is nyújtottak külföldi segítséget.[66] A Magyar Honvédségben 1996 óta alkalmaznak zászlóalj mobil víztisztító állomást (1. kép), mely 2 darab ZENON MINI ROWPU egységet tartalmaz.

[2] Belügyminisztérium Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság

1. kép. Zászlóalj mobil víztisztító állomás[65]

Kezeléséhez 4 fő szükséges, telepítési ideje pedig terepviszonytól függően 1-1,5 óra. Termelékenysége ABV[3] szennyezettségű vízforrásból 250 liter/óra, normál felszíni vízforrásból pedig 500 liter/óra. A víz tisztításához a berendezés vegyszermentes ultraszűrést és fordított ozmózis[4] technológiát használ. A működéséhez szükséges energiát egy utánfutóra szerelt 20 kW-os aggregátorból nyeri. Nagyfokú mobilitás és elfogadható termelékenység jellemzi.[65] A mobil víztisztító berendezés telepítési vázlatát a 22. ábrán láthatjuk.



22. ábra: ZENON mobil víztisztító berendezés telepítési vázlata (A ZENON ROSP-ZW-250/E-50 MINIROWPU víztisztító rendszer kezelési, karbantartási és tárolási utasítása alapján)

[3] ABV szennyezettség: atom- biológiai- vegyi szennyezettség

[4] Fordított ozmózis során egy hígabb oldattól féligáteresztő és mechanikailag szilárd membránnal elválasztott tömény vizes oldatra az ozmózisnyomásnál nagyobb nyomás hat. Ilyenkor a vízmolekulák a hígabb oldatba áramlanak és a töményebb oldat koncentrációját növelik.

Ezen kívül alkalmaznak még nagy teljesítményű tábori víztisztító állomást (2. kép) is, mely 2004-ben került rendszeresítésre a Magyar Honvédségben.

2. kép. Nagyteljesítményű tábori víztisztító állomás[67]

Az ADROWPU berendezés egy konténerbe van beépítve, 5 fős kezelőszemélyzettel a telepítési ideje maximum 5 óra, azonban ahhoz, hogy az ivóvíztermelés beindulhasson, további 34 óra fertőtlenítésre van szükség. Termelékenysége jelentősen meghaladja az előbb említett, zászlóalj mobil víztisztító állomásét, ugyanis ABV szennyezettség esetén 2400 liter, normál felszíni vízforrásból 5000 liter, míg tengervízből 2800 liter ivóvizet tud előállítani óránként. A víz tisztításához vegyszeradagolással hatékonyabbá tett ultraszűrést és reverz ozmózis technológiát használ.[65]

A Magyar Honvédségben rendszeresített kétfajta berendezés főbb működési paramétereit a 2. táblázat tartalmazza.

FŐBB JELLEMZŐK		VÍZTISZTÍTÓ BERENDEZÉS MEGNEVEZÉSE	
		MINI- ROWPU (ZENON-2,5)	**ADROWPU**
Rendeltetése		zászlóalj szintű kötelékek ivóvízzel történő ellátása	hadosztály szintű kötelékek ivóvízzel történő ellátása
Főbb elemei		- ZENON víztisztító berendezések - MULTILIFT rendszerű zárt csere felépítmény - URAL terepjáró tehergépkocsi - KIRSCH áramforrás aggregátor utánfutón	- ZENON víztisztító berendezések 20 lábas ISO konténerben elhelyezve - beépített KIRSCH áramforrás aggregátor - hordozó jármű (MAN-32 típusú terepjáró tehergépkocsi)
Teljesítmény	ABV szennyezettség esetén	250 l/óra	2400 l/óra
	normál felszíni vízforrás esetén	500 l/óra	5000 l/óra
Alkalmazható nyersvíz típusok		- biológiailag aktív (alga, baktérium) természetes eredetű vizek - természetes szennyeződéseket tartalmazó felszíni vizek, fúrt kutak, ipari vízrendszerek - természetes szennyeződéseket tartalmazó sós vizek (brakk víz) - tengervíz - egyéb oldott sókat tartalmazó vizek - ABV szennyezettségű vizek	
Kezelőszemélyzet		3 fő	5 fő
Minimális telepítési helyigény		- járművel, aggregátorral: 8x12 m - jármű és aggregátor nélkül: 5x5 m	- járművel: 10x20 m - jármű nélkül: 5x10 m
A gépjármű vagy konténer méretei		- gépjármű tömege: 12 840 kg - aggregátor tömege: 1 600 kg	- tömege: 14 500 kg - hossza: 6 058 mm - szélessége: 2 438 mm - magassága: 2 438 mm

2. táblázat: ZENON víztisztító berendezések fontosabb paraméterei [Forrás: szerző összeállítása a [64] forrás alapján]

A tábori víztisztító állomáshoz egy TTR-18 tömlőtasakos csomagoló berendezést is lehet csatlakoztatni, amely a tisztított vizet 0,5 és 1 literes élelmiszeripari polietilén zacskókba tölti, hegeszti és légmentesen lezárja. Ez a berendezés óránként 900 liter víz csomagolását képes megoldani. Kezelőszemélyzete 3 fő, telepítési ideje 20-30 perc, azonban további 10-24 óra szükséges a baktériummentes környezet létrehozásához.[65]

A vízellátó rendszer másik lényeges eleme a megfelelően kitermelt, tisztított ivóvíz szétosztásának eszközei, illetve módszerei. Az elosztási megoldásoknak a kiválasztását döntően a következő tényezők befolyásolják: a felhasználók száma, az ellátás időtartama és a szükséges vízmennyiségi-, vízminőségi- és nyomásigények.[64]

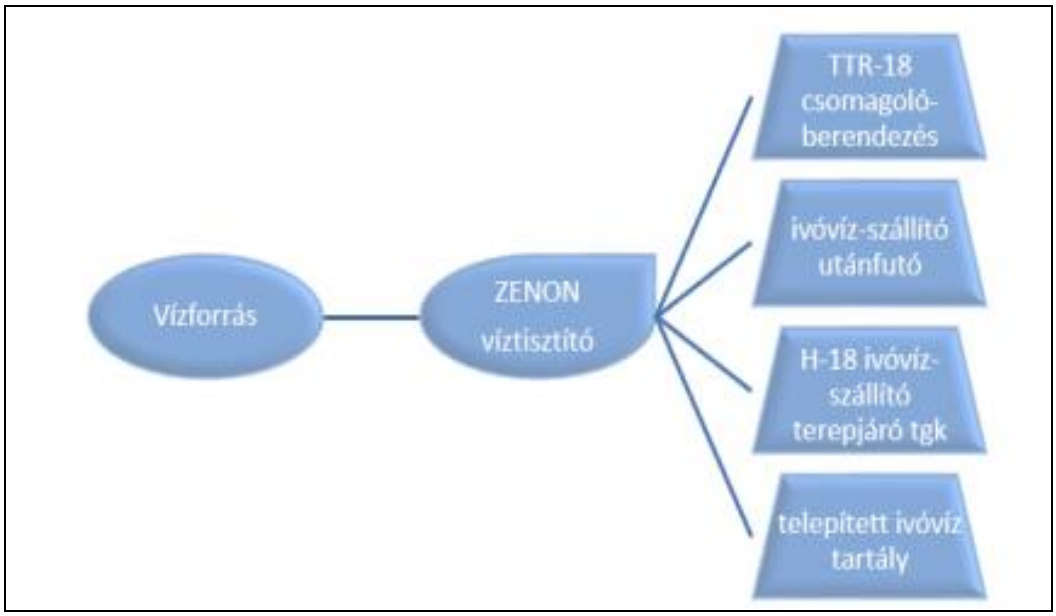
A zacskós, illetve palackozott ivóvízen kívül vízszállító kocsikkal tudják az illetékes szervek eljuttatni a lakossághoz az ivóvizet. Ezeknek a szállítóeszközöknek jellemzően jó a terepjáró képességük is, ezért különböző katasztrófahelyzetekben is kiválóan alkalmazhatók.[68]

A vízszállításra leggyakrabban alkalmazott eszközöket a következő két kép szemlélteti.

3. kép: H-18 ivóvíz- szállító tehergépkocsi 8 m^3-es szállítókapacitással[69]

4. kép: Ivóvíz- szállító utánfutó 1 m^3-es szállítókapacitással[70]

A tábori vízellátási rendszer, ahogy az előzőekből is látszik, egy rendkívül összetett folyamat. Ennek szemléltetése a 23. ábrán látható.



23. ábra: Tábori vízellátási rendszer folyamata[41]

Palackozott, illetve zacskózott vizekkel csak az ideiglenes vízellátást lehet garantálni. Az ellátáshoz szükséges ivóvíz biztosítása történhet közüzemi vízellátó hálózatból, valamint víztisztító berendezés alkalmazásával egyaránt. Ezek a megoldások állnak rendelkezésre például ideiglenes, rövid időtartamú katonai tábor ellátásakor, katasztrófahelyzet idején, vagy a vízellátó hálózat üzemzavara vagy éppen szünete idején is.[62] Ilyen rendkívüli helyzetekben is kiemelt figyelmet kell fordítani az ivóvíz minőségére, melybe beletartoznak a víztisztítási műveletek, a zacskózás folyamata és az ivóvíz szállítási és tárolási körülményei is. Ha valamelyik folyamat nem megfelelően működik, akkor megvan az esély arra, hogy különböző szennyeződések bejussanak az ivóvízbe, s ezáltal megnő a kockázat arra, hogy járványok, megbetegedések alakuljanak ki.[71]

4.1. Részkövetkeztetések

A vízellátás megfelelő biztosítására napjainkban is kiemelt figyelmet kell fordítani, hiszen ennek célja, hogy a fogyasztóhoz közegészségügyi szempontból megfelelő minőségű és mennyiségű víz kerüljön. Az ivóvíz minőségi paramétereinek biztosítása az ivóvízellátást végző szolgáltatók feladata a vízbiztonság fenntartásában, legyen szó vezetékes ivóvízről, vagy ásványvízről. Mindehhez

azonban hozzátartozik a helyes fogyasztói magatartás is mind a két típusú ivóvíz esetén, a tárolás, illetve a fogyasztás szakaszában is.

Fontosnak tartom meghatározott időközönként a teljes körű vízvizsgálatok elvégzését, ugyanis ennek során olyan anyagok is kimutathatók a vízből, melyek nem esnek a vonatkozó jogszabályi követelmények alá, de jelenlétük egészségkárosodást okozhat a vízfogyasztók körében. Ebben a fejezetben többek között bemutattam azt is, hogy milyen problémák fordulhatnak elő ivóvíz fogyasztása során. A vízminőségbeli változások hátterében leggyakrabban a biológiai kockázatok állnak, mint például a különféle kórokozó mikroorganizmusok és vírusok. Esztétikai elváltozásokat ritkábban ugyan, de palackozott ásványvizeknél is tapasztalhatunk. Mindennapi életünk során mi is átélhettük azt a problémát, amikor a tűző napon felejtett, vagy huzamosabb ideig meleg helyen tárolt víznél szag- és ízbeli problémák léptek fel. Mindezen megváltozott környezeti körülmények kedvezhetnek bizonyos mikroorganizmusok szaporodásának. Elemezve a fogyasztási szokások alakulását látható, hogy a természetes ásványvíz egyre nagyobb népszerűségnek örvend, ezért is kell kiemelt figyelmet fordítani ezek megfelelő tárolási körülményeinek biztosítására a minőség-megőrzési idő teljes időtartama alatt.

Ábrán szemléltetve bemutattam, hogy az elosztóhálózat egyes pontjain milyen veszélyeknek van kitéve az ivóvíz, amíg a fogyasztóhoz elér. Megállapításom szerint szükséges lenne a vízhálózatok rendszeres időközönkénti tisztítása, fertőtlenítése, amely egyrészről a szolgáltató hatáskörébe tartozna. Másrészről, a lakosság tudatos fogyasztói magatartásának részét kell képeznie a házi elosztóhálózat rendszeres fertőtlenítése is. Mindehhez természetesen a szolgáltató és akár az állam is segítséget, illetve támogatást nyújthatna, akár információközlés, figyelemfelhívás, akár pénzbeli támogatás során. Ezáltal elkerülhetővé válnának az ivóvíz szolgáltatása közbeni esztétikai és mikroorganizmusok szaporodásából eredő problémák.

Arra a megállapításra jutottam, hogy kiemelt figyelmet kell fordítanunk mind a lakossági ivóvízellátás biztosítására, mind pedig a katonai táborok ivóvízellátó rendszereire. Utóbbit a polgári szolgáltató rendszerekhez hasonlóan a vonatkozó előírások betartásával kell kiépíteni, de emellett figyelembe kell venni a helyi, katonai sajátosságokat, illetve követelményeket is. Bemutattam a tábori vízgazdálkodás különféle céljait is. Leggyakrabban mobil víztisztító berendezéseket alkalmaznak, amelyek alkalmasak arra, hogy megfelelő minőségű ivóvizet állítsanak elő a katonák számára. Ehhez csatlakoztatható egy csomagoló berendezés is,

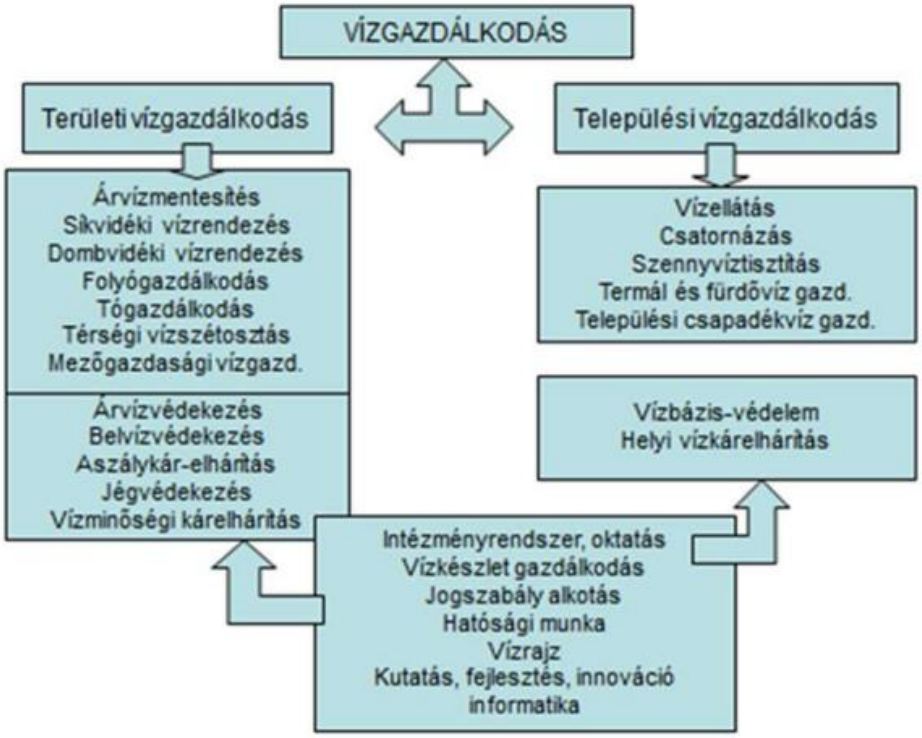
amellyel a megtisztított ivóvizet biztonságos körülmények között tudják tartani a kiosztás idejéig. Célszerű lenne egy mobil, telepíthető víztisztító állomás kialakítása, amely alkalmazható lenne vízszolgáltatás kimaradása vagy akadályoztatása esetén. Emellett létfontosságú lehet különféle katasztrófák esetén is, amikor a vízművek megsérülnek, s nem tudják biztosítani a lakosság megfelelő vízellátását.

2. A VÍZGAZDÁLKODÁSSAL SZEMBEN TÁMASZTOTT KÖVETELMÉNYEK

2.1. A vízgazdálkodás jogszabályi háttere

Az ivóvíz minőségi követelményeit a különböző előírások, rendeletek tartalmazzák. Az 1990. évi LXV. törvény a helyi önkormányzatokról előírja, hogy a települési önkormányzat köteles gondoskodni a lakosság egészséges ivóvízzel történő ellátásáról. Azonban a vízszolgáltatás ellátását az önkormányzat meghatározott időre átruházhatja például egy víziközmű szolgáltatóra. Erről részletesebben a víziközmű szolgáltatásról szóló 2011. évi CCIX. törvényben olvashatunk. Az ivóvíz minőségi követelményeiről és az ellenőrzés rendjéről szóló 201/2001 (X.25.) Kormányrendelet valamint a víziközmű szolgáltatásról szóló törvény alapján a vízellátó rendszer üzemeltetője a vízellátó rendszer üzemeltetésére jogszabály, illetve hatósági engedély alapján jogosult szervezet, tehát a víziközmű-szolgáltató. Az üzemeltető az úgynevezett átadási pontig (közületi fogyasztók esetében általában a vízhasználat elszámolásául szolgáló mennyiségmérő vízóráig) felelős az ivóvíz minőségéért. Az épület, a lakás belső vízvezeték hálózata és az átadási pont utáni – például ólomvezetékek használatából, rendszeres karbantartás hiányából, helytelen vízhasználatból adódó – esetleges kedvezőtlen ivóvíz minőségbeli változás a létesítmény fenntartójának felelőssége.

A vízgazdálkodás a rendelkezésre álló vízkészletek és a társadalom szükségleteinek optimális összehangolására irányuló, tervszerű, tudományos, műszaki-gazdasági és igazgatási tevékenység. A 24. ábrán is látható, hogy mennyire szerteágazó a vízgazdálkodás rendszere.



24. ábra: Vízgazdálkodás területei[72]

A vízgazdálkodás feladatai: a vízkészletek felkutatása, feltárása, kitermelése és elosztása, a víz fogyasztási helyre történő szállítása, vízminőség-védelem, vízilétesítmények létrehozása és üzemeltetése, jelentősebb közcélú vízilétesítmények (például árvízvédelmi fővédvonalak, belvízvédelmi főművek, mesterséges víziutak, hajózsilipek, helyi jelentőségű közcélú vízilétesítmények) üzemeltetése. A települési vízgazdálkodás feladatai: ivóvízellátás, csatorna-üzemeltetés, szennyvíztisztítás, fürdők létesítése, üzemeltetése, helyi vízrendezés, vízkárelhárítás, vízvédelem, ár- és belvízvédelem a településen belül, helyi jelentőségű közcélú vízilétesítmények létesítése, üzemeltetése.

2.2. A vízbázisvédelem jogi szabályozása

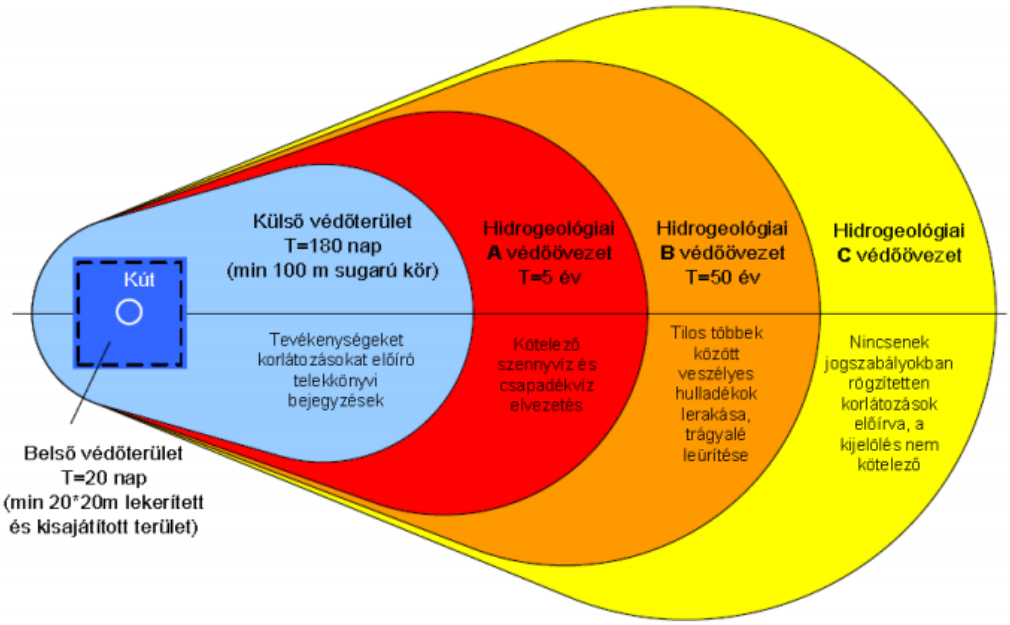
A vízbázisvédelem fogalma az utóbbi évtizedben egyre inkább bekerült a köztudatba, egyik jeléül annak, hogy az ivóvízellátásra alkalmas vízkészletek jelentősége szerte a világon megnőtt. Gazdasági, társadalmi elemzések az ivóvíz kérdését a jövő évtizedek, évszázadok fejlődésének egyik legfontosabb kulcstényezőjének tartják. A vízbázis fogalmát először a vízgazdálkodásról szóló 1995. évi LVII. törvény határozta meg. A vízbázis a vízkivételi művek által hasznosításra igénybe vett, vagy

arra kijelölt terület vagy felszín alatti térrész és az onnan kitermelhető vízkészlet a meglévő, illetőleg a tervezett vízbeszerző létesítményekkel együtt.[73]

A vízbázisok jogi szabályozásának alapját a vízbázisok, a távlati vízbázisok, valamint az ivóvízellátást szolgáló vízi létesítmények védelméről szóló 123/1997. (VII. 18.) Kormányrendelet adja. Ebben kétféle vízbázist különböztet meg. Egyrészt a már üzemelő vízbázisokat, amelyek a jelenlegi szükségleteket elégítik ki, másrészt pedig a távlati vízbázisokat, amelyek majd a jövőbeni ivóvízellátást fogják biztosítani. Ezek olyan területek, amelyek jó vízadó képességgel rendelkeznek és majd a jövőben vízkitermelő telepként fognak működni.[74]

A 123/1997. (VII. 18.) Kormányrendelet megfogalmazásában a kijelölés a feltételezett szennyeződés adott víztermelő helyig való elérési idején alapul (25. ábra):

- belső védőterület (a vízkivételi mű, valamint a vízkészlet közvetlen védelme a szennyeződéstől és a megrongálódástól) – 20 napos elérési idő,
- külső védőterület (a le nem bomló, továbbá a bakteriális és egyéb lebomló szennyezésekkel szembeni védelem) – 6 hónapos elérési idő,
- hidrogeológiai A zóna, B zóna védőövezet (különböző veszélyességű, nem lebomló szennyezésekkel szembeni védelem) – elérési idők: 5 év, 50 év.



25. ábra: Védőterületek felosztása[75]

Az egyes zónáknak eltérő a funkciójuk, de összességében ugyanazt a célt szolgálják, miszerint a meglévő és a jövőbeni szennyező tevékenységeket különböző mértékben lehessen megakadályozni, illetve korlátozni. A védőterületek a védőidomok

terepfelszínnel alkotott metszetei. A földtanilag védett (nem sérülékeny) vízbázisoknak csak védőidoma van, de a jogszabály szerint a kutak körül ekkor is kötelezően ki kell jelölni egy minimum 10 m sugarú belső védőterületet. A belső védőterületek, annak érdekében, hogy a termelő kutak körüli szigorú védelem mindig biztosított legyen, állami, illetve önkormányzati tulajdonban vannak. A többi védőterületen az ingatlan tulajdonosának kötelessége, hogy a védőterületi határozatban foglaltakat betartsa és tevékenységét a vízbázis védelem szempontjait figyelembe véve végezze. A védőidomok és védőterületek kijelölési folyamata a hatósági határozat kiadásával és ennek következményeként a telekkönyvi bejegyzéssel ér véget.[76]

A települési vízgazdálkodás fogalmát meghallva gyakran csak a vízellátás-csatornázás jut eszünkbe. Azonban mindez ennél jóval bonyolultabb. Ide tartozik az ivóvízellátás, a szennyvíz gyűjtése, kezelése és a csapadékvíz elvezetése is. Mindezen folyamatoknál a fő szempont a biztonságosság és a környezeti-közegészségügyi szempontok felmérése és megfelelő módon történő kezelése.

A következő tevékenységeket lehet felsorolni a települési vízgazdálkodás fogalomkörét érintve:

- közüzemi vízellátás, egyedi vízellátó rendszerek, vízbázisvédelem,
- közüzemi szennyvízelvezetés, -elhelyezés és- tisztítás, szennyvízhasznosítás, illetve települési csapadékvíz-gazdálkodás.[77]

Ahogy ebből is látszik, a vízgazdálkodás fogalomköréhez hozzátartozik többek között a szennyvízelvezetés és -kezelés is, viszont a kutatásaim erre a területre nem terjedtek ki a dolgozat mennyiségi korlátait figyelembe véve.

2.3. A vízminőségre vonatkozó jogszabályi előírások

Hazánkban a magyar és európai jogszabályok által szigorúan szabályozott az ivóvíz minősége. Az illetékes hatóságok által ellenőrzött stratégiai fontosságú közegészségügyi feladat a megfelelő minőségű ivóvíz biztosítása. Magyarországon az ivóvizek minősítésével foglalkozik a 201/2001. (X.25.) Kormányrendelet (későbbiekben: kormányrendelet), mely az ivóvíz minőségi követelményeiről és az ellenőrzés rendjéről szól.

A víz minősége, annak fizikai, kémiai és biológiai tulajdonságainak az összességéből tevődik össze. Az a víz, amely megfelel az aktuális ivóvízszabvány követelményeinek, ivóvíznek tekinthető.

Az ivóvíz összetétele nem közismert. Összetétele és élvezeti értéke elsősorban attól a víztől függ, amelyből az adott ivóvizet mesterségesen előállítják. A folyó menti parti kutakból vagy fúrt kutakból nyert vizet fizikai, kémiai és biológiai tisztítással teszik ihatóvá. Az eljárás legfontosabb szempontja, hogy az ivóvíz megfeleljen a vonatkozó rendelet – bizonyos minimális, illetve maximális fizikai, kémiai és biológiai értékeket meghatározó – előírásainak. A kritériumok elsősorban az egészség és a környezet biztonságát szolgálják.

A víz minőségének meghatározása szakszerű mintavételből, valamint helyszíni és laboratóriumi fizikai, kémiai, bakteriológiai és biológiai vizsgálatokból áll. A kormányrendelet meghatározza a mintavétel módját, a vizsgálatok számát, illetve a vizsgálati módszerekkel szemben támasztott követelményeket.

Az ivóvízzel kapcsolatban alapvető elvárások a következők:

- ne tartalmazzon az emberi egészségre káros élő-és élettelen anyagokat,
- feleljen meg a fogyasztók esztétikai igényeinek, azaz színtelen, szagtalan, átlátszó legyen (ne legyen zavaros),
- hőmérséklete kellemes legyen, azaz 5-15 C°,
- kémhatása enyhén lúgos legyen,
- íze kellemes, üdítő hatású legyen
- biztosítsa az emberi élethez szükséges mikro- és makro elemek felvételét és a sók utánpótlását.[78]

A kormányrendelet 1. számú melléklete tartalmazza a vízre vonatkozó mikrobiológiai, illetve kémiai paramétereket, valamint az ehhez tartozó határértékeket. Ezek alapján a víz akkor felel meg a rá vonatkozó követelményeknek, ha nem tartalmaz határérték feletti mikroorganizmust, parazitát, kémiai vagy fizikai anyagot, amely veszélyeztethetné az emberi egészséget. Ezeken kívül vannak még úgynevezett indikátor, szennyezettséget jelző vízminőségi jellemzők, melyeknek elsősorban ellenőrzési szerepük van. Ilyen esetben a határérték túllépése nem jelent közvetlen közegészségügyi veszélyt.[48]

Az eddigiekben az emberi fogyasztásra alkalmas víz azon fajtájával foglalkoztam, amelyhez úgy jutunk, hogy a vízbázisból kinyert vizet különböző kezelési, tisztítási eljárásoknak vetjük alá és csővezetékeken keresztül eljuttatjuk a fogyasztóhoz. Emellett azonban meg kell említeni az ásványvizet is, mely az élelmiszerek egy speciális, eredetében és minőségében garantált fajtája a palackozott ásványvíz. Ez a

föld mélyéről származó olyan ivóvíz, amelyben az oldott anyagok mennyisége meghaladja az 500 mg/litert, vagy egy-egy elemet (ionos formában) az átlagosnál nagyobb mennyiségben tartalmaz, valamint amelyek sajátos ízt és gyakran gyógyhatást kölcsönöznek neki. Az ásványvíz az ivóvízzel azonos beszerzési helyről, védett artézi kútból, vagy forrásból származik. A vizek döntő többsége szénsavmentes, melyet a palackozás előtt dúsítanak.

A természetes ásványvízbe eredeténél fogva nem kerülhet a környezetből szennyező anyag, mert a vizet adó réteg védett a felszíni szennyeződésekkel szemben. Emellett mentes minden kémiai és mikrobiológiai szennyeződéstől is. Ezen tényezők miatt, mivel eredendően tiszta vízről beszélünk, nem igényel semmilyen kezelési, tisztítási eljárást.

Ennek szabályozásáról a természetes ásványvíz, a forrásvíz, az ivóvíz, az ásványi anyagokkal dúsított ivóvíz és az ízesített víz palackozásának és forgalomba hozatalának szabályairól szóló 65/2004. (IV.27.) FVM-ESzCsM-GKM együttes rendelet rendelkezik. Ebben megtalálható, hogy milyen kezelési eljárásnak lehet alávetni az ásványvizet palackozás során, illetve milyen mikrobiológiai kritériumoknak kell megfelelnie a vízkivételi helynél és a forgalomba hozatal során a természetes ásványvíznek.

Természetes ásványvíznek minősül minden olyan természetes állapotában emberi fogyasztásra szánt víz, amely:

- védett, felszín alatti vízadó rétegből származik,
- eredendően szennyeződésmentes,
- ásványianyag- és nyomelem-tartalma, valamint egyéb összetevőinek következtében egészségügyi szempontból előnyös tulajdonságokkal rendelkezik és egyértelműen megkülönböztethető az ivóvíztől,
- összetétele és hőmérséklete közel állandó,
- a természetesen előforduló összetevőinek mennyisége palackozáskor nem haladja meg az ott megengedett határértékeket,
- mikrobiológiai szempontból megfelelő.[79]

2.4. A vízbiztonságot befolyásoló tényezők

A víz biztonságát többféle tényező is befolyásolhatja, ezek közül talán a legsúlyosabb a vízszennyezés, illetve különféle szennyező források, melyeket többféle módon lehet csoportosítani. A legegyszerűbb megfogalmazás alapján

vízszennyezésnek nevezünk az emberi tevékenység hatására kialakuló minden olyan körülményt, amelyek közvetlenül befolyásolják a felszíni, illetve a felszín alatti vizek minőségét. Egy másfajta megközelítés szerint vízszennyezésnek nevezzük a különböző veszélyes és egyéb anyagoknak a természetes vizek koncentrációját meghaladó értéket. Egy harmadik definíció szerint minden olyan anyag megjelenése a vízben vízszennyezést okoz, amely károsan befolyásolja a természetes víz emberi fogyasztásra alkalmasságát, illetve korlátozza vagy lehetetlenné teszi az életkörülményeket a vízi élőlények számára.[20]

Mások szerint vízszennyezésnek nevezünk minden olyan hatást, amely felszíni és felszín alatti vizeink minőségét úgy változtatja meg, hogy a víz alkalmatlanná válik emberi fogyasztásra és a vízben végbemenő természetes életfolyamatok gátlódnak vagy teljesen megszűnnek.[13]

A sokféle értelmezés ellenére is van közös pont, miszerint valamilyen szennyező anyag a vízbe kerülve, annak minőségét, emberi fogyasztásra alkalmasságát tönkreteszi. Ennek egészségkárosító hatása mind az egyén, mind a társadalom szintjén komoly problémákat vet fel és a vízhiányos területeken biztonságpolitikai kérdéssé válhat.

Időbeliségük alapján megkülönböztetünk rendszeres, illetve rendkívüli vízszennyezést. Előbbihez tartozik az ipari üzemek, ipari és kommunális szennyvíztisztítók és a mezőgazdaság következtében kialakult szennyeződés, míg rendkívüli szennyeződés lehet természeti, ipari katasztrófák és különféle havária-szerű szennyeződések.

A szennyező anyag vízbe jutása, illetve a víz szennyezése két módon történhet:

1. **Pontszerű szennyezés:** a szennyező anyag a szennyező forrásból csővezetéken, vagy nyílt csatornán keresztül kerül a felszíni vagy felszín alatti vizekbe. Ilyen jellegű szennyezés például egy üzemből származó szennyvíz-, vagy olajvezeték meghibásodása miatti talajvízszennyezés. Ezen szennyeződések helye pontosan meghatározható, a szennyezés összegyűjthető, így megfelelő technológiával ártalmatlanítható.
2. **Nem pontszerű (diffúz) szennyezés:** a szennyező anyag nagyobb térbeli kiterjedésben kerül a vízbe. Ilyen esetben a szennyeződések konkrét eredete nem minden esetben határozható meg. A szennyeződések nem egy jól meghatározható forrásból (például szennyvíztelepről) érkeznek a vízbe, hanem akár a légkörből, egy zápor hatására bekövetkező felszíni lefolyással,

állóvízbe jutó, a talajból kimosódó növényi tápanyagokkal, vagy egy szabálytalan hulladéklerakóból a csapadék hatására a talajvízbe mosódó toxikus anyagokkal.[80] A diffúz terhelés jelentős hányada közvetlenül a mezőgazdasági termeléshez és a települési lefolyáshoz kötődik. Az első esetben a talajból kimosódó műtrágyák, növényvédőszerek okoznak problémát, míg a települési lefolyásnál az utakról a vízbe kerülő szennyező anyagokkal kell számolni.

A szakemberek általában a pontszerű szennyeződésekre fordítanak nagyobb figyelmet, mert ezek könnyebben ellenőrizhetők, mint a diffúz szennyeződések, pedig ezek hozzávetőlegesen a felét teszik ki a vizekbe áramló összes szennyeződésnek.

A tipikusan mezőgazdasági vízgyűjtőkön a beáramlás jellege összefüggésben áll az időjárás szezonalitásával, ami befolyásolja a terület növénytakaróját és a növényzet szerepét a szennyeződések felszabadításában és visszatartásában. A légköri viszonyok meghatározzák többek között a beáramlás dinamikáját és a szennyeződések összetételét is. Az elfolyás összetételét illetően körülbelül a felét a vízben lebegő anyagok, például aprószemcsés iszap, por, humuszrészecskék és növényi maradványok teszik ki. A területi szennyezettség egyik fontos forrása a felszíni vizekbe bekerülő biogén, amelyek elsősorban foszfor- és nitrogénvegyületek.

A szennyező anyagok egyik fontos csoportja a mezőgazdasági tevékenységek hatására a művelt területekről kimosódó peszticidek. Az olvadó hó és a savas eső is a víz kémhatásának csökkenését eredményezheti. A területi szennyeződések következtében nem csak a bizonyos szennyezőanyagok koncentrációja nő meg a vízben, hanem a víztározók eutrofizálódása[5] is jelentkezik, amikor mérgező vízvirágzások is kialakulhatnak és ennek folyamán a vízi növényzet túlzott növekedésnek indul.

A szennyező anyag vízbe kerülésével a vízminőségromlás minden víztételt érinthet, a felszíni, illetve felszín alatti vizeket is. A szennyezés folyamata az emisszióval kezdődik, amikor a szennyező anyag a vízbe kerül, majd a transzmisszióval folytatódik. Tehát a vízben szétterjedve ennek következtében kisebb-nagyobb víztömeg szennyeződhet, amit immissziónak nevezünk.

[5] Az eutrofizáció egy olyan folyamat, melynek során a szennyvízben lévő foszfor és nitrogén túl nagy mennyisége a víz elalgásodásához vezet. Az eutrofizálódás folyamán az állóvizekben a tápanyag feldúsul, ezért elszaporodnak az elsődleges termelő szervezetek: a fitoplanktonok, a gyökerező hínár- és mocsári növények.

A szennyeződés kiterjedése a szennyező anyag továbbterjedésének mértékétől függvényében lehet:

- lokális (helyi)
- vízgyűjtőre kiterjedő (fluviális)
- regionális és
- kontinentális.

Havária-szerű szennyezésről beszélünk abban az esetben, ha a vízszennyezés váratlanul, hirtelen valamilyen baleset, műszaki meghibásodás, mulasztás hatására lokális kiterjedéssel, erőteljesen következik be.[20]

A vízbázisokat fenyegető veszélyeket 3 nagy csoportba sorolhatjuk:

- civilizációs eredetű veszélyek (például: ipari baleset, járvány, tűzeset),
- szándékos, ártó jellegű cselekmények,
- természeti eredetű veszélyek (például: árvíz, belvíz, aszály, földrengés).

A ***civilizációs eredetű veszélyek*** az emberi tevékenységgel hozhatók kapcsolatba. Ezek adódhatnak helytelen emberi beavatkozás, mulasztás vagy figyelmetlenség tényéből is. Ide sorolhatók többek között az ipari-, nukleáris-, vegyi balesetek, tűzesetek, illetve a különféle járványok is.

A második csoportba a ***szándékos, ártó jellegű cselekmények*** tartoznak, melyek túlnyomó többségben a létfontosságú rendszerek, például ivóvízbázisok ellen irányulnak. Terrorista cselekményről, szabotázsról beszélhetünk abban az esetben, mikor szándékos mérgezés valósul meg az által, hogy a szennyező és/vagy mérgező anyagokat az ivóvízbe juttatják. Szélsőséges nézeteket valló vallási szekták, különböző terrorszervezetek, illetve egyéni terroristák fenyegetései között előfordultak már a radioaktív, mérgező és fertőző anyagokra vonatkozó utalások, így próbálva elérni a céljaikat. A nem megfelelő biztonsági védelmi területtel ellátott vízbázisokba könnyen bejuttathatják a szennyező vagy fertőzést okozó anyagokat, ezáltal akár több ezer embert is megbetegítve. Az ilyen jellegű veszélynek legnagyobb eséllyel a víznyerő helyek vannak kitéve, azonban azt is meg kell említeni, hogy ilyen jellegű ártó szándékú cselekmény a vízellátó rendszer bármely szakaszában előfordulhat. Többek között ezért is kell kiemelt hangsúlyt fektetni a vízbázisok, vízforrások megfelelő védelmére.[42]

A harmadik nagy csoportba tartoznak a ***természeti eredetű veszélyek***, melyek függetlenek minden emberi tevékenységtől. Ezek a természet által előidézett jelenségek. Az ilyen jellegű elemi csapásokra sajnálatos módon manapság egyre

gyakrabban kell számítani, ugyanis ahogy erősödnek a klímaváltozás hatásai, illetve egyre gyakoribbá válnak az időjárási szélsőségek, megnövekszik ezen természeti eredetű veszélyek száma is.[81] E jelenségek sok esetben komoly vízszennyezést is elő tudnak idézni.[82] Ezek következményeként pedig gyakran járványok, fertőzések is kialakulhatnak. Külön kihívást jelent ez a probléma, ha a védelmi szervek, a védekezésért felelős személyek körében üti fel a fejét a járvány.

A különféle katasztrófák kockázatelemzése során először azonosítják a kockázatokat, elemzik, majd értékelik őket. A települések kockázatelemzése során meghatározzák a település területére vonatkozó egyes veszélyeztető hatások következményeit, illetve a bekövetkezés valószínűségét, gyakoriságát. Ezeket a tényezőket, illetve osztályba sorolásukat a 234/2011. (XI. 10.) Kormányrendelet alapján az alábbiak szerint lehet csoportosítani (26. ábra).

Hatás	Bekövetkezés gyakorisága			
	Ritka	Nem gyakori	Gyakori	Nagyon gyakori
Nagyon súlyos	II. osztály	II. osztály	I. osztály	I. osztály
Súlyos	III. osztály	II. osztály	II. osztály	I. osztály
Nem súlyos	III. osztály	III. osztály	II. osztály	II. osztály
Alacsony mértékű	III. osztály	III. osztály	III. osztály	III. osztály

26. ábra: Katasztrófa kockázati mátrix [Forrás: a szerző összeállítása a [83] forrás alapján]

A kockázati mátrixban alkalmazott fogalmak magyarázata a 234/2011. (XI. 10.) Kormányrendelet alapján:

1. A bekövetkezési gyakoriság besorolási elve statisztikai és történeti adatok alapján az alábbi:

a) ritka: az elkövetkező néhány évben (10 év) nem valószínű, hogy bekövetkezik,
b) nem gyakori: bekövetkezhet, de nem valószínű, hogy néhány (5) éven belül,
c) gyakori: valószínű, hogy bekövetkezik, néhány (3) éven belül,
d) nagyon gyakori: nagyon valószínű, hogy bekövetkezik, egy éven belül minimum egy alkalommal vagy többször.

2. A veszélyeztető hatások szintje:

a) nagyon súlyos: halálos áldozatokkal járó vagy visszafordíthatatlan környezetkárosodást előidéző, illetve súlyos anyagi következményeket okozó esemény,
b) súlyos: súlyos sérüléseket okozó vagy visszafordítható környezetkárosodást előidéző, illetve anyagi károkkal is járó esemény,
c) nem súlyos: enyhébb sérüléseket okozó, környezetkárosodást nem előidéző, illetve nem jelentős anyagi károkkal járó esemény,
d) alacsony mértékű: nem jár orvosi segítséget igénylő sérüléssel, illetve nincs anyagi következménye.[83]

2.5. A vízbiztonság és vízminőség fenntartása

Fontos kiemelni, hogy a felszín alatti vizek szennyeződése kevésbé gyakori jelenség, mint a felszíni vizeké, ugyanis a talaj a szennyező anyagot a víz beszivárgásakor adszorbeálja. Ahogy az előző pontban is említettem, az ember által okozott szennyezésnél nagy jelentősége van az ipari és a mezőgazdasági termelésnek is. A víz szennyeződésének egyik legnagyobb forrásaként az ipart lehet megemlíteni. A szennyvizet gyakran előzetes tisztítás nélkül vezetik bele a felszíni vizekbe és ez sokszor veszélyesebbnek bizonyul, mint a kommunális szennyvíz, hiszen nagy mennyiségű szerves-, illetve ásványi szennyező anyagot tartalmaz, sőt van olyan eset is, hogy mérgező anyag is található benne. A kommunális eredetű szennyvizek alatt lényegében a települések használt vizét értjük. Ezek nagy mennyiségben tartalmaznak szerves anyagokat, fehérjéket, zsírokat és szénhidrátokat is. Emellett még biológiai szennyezőanyagok is találhatók benne, mint például vírusok (például Hepatitis A, Norwalk vírus) és baktériumok (például Escherichia Coli, Coliform).[13]

Hazánkban is bekövetkezhetnek olyan rendkívüli, váratlan események, mint például árvíz, vegyi anyagokkal kapcsolatos baleset, robbanás, stb., amelyek során vízszennyezés alakul ki. Rendkívüli események során gyakran előfordul az a probléma, hogy a víz mikrobiológiai rendszere negatív irányban megváltozik. Ilyen esetekben hatásos megoldás lehet a víz fertőtlenítése, mellyel az emberi fogyasztásra szánt vízben megtalálható élő, egészségre káros mikroorganizmusok inaktiválhatók, illetve akár el is pusztíthatók. Minden olyan esetben fertőtleníteni kell az ivóvizet, amikor a vízvizsgálatok eredményeiből azt látjuk, hogy időszakosan vagy hosszabb

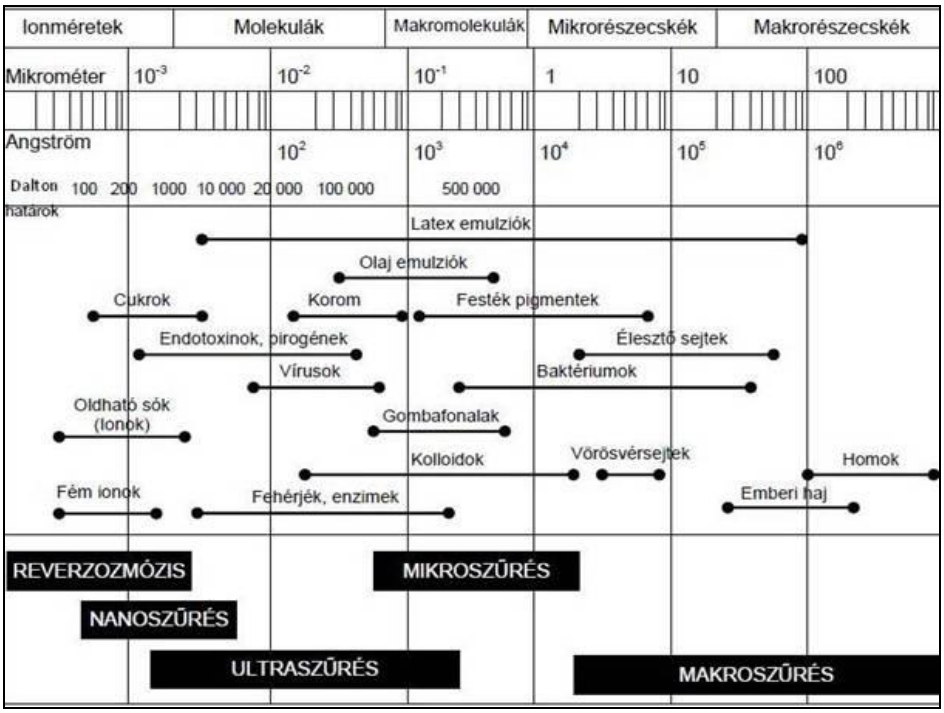
időn át, akár állandóan is fennáll az adott bakteriológiai szennyeződés veszélye vagy a kórokozó jelenléte.

A fertőzőképesség megakadályozására a hatásmechanizmus alapján elvben négy lehetőség áll rendelkezésünkre.

- fertőtlenítőszer-adagolás, vagy klórozás: a mikroorganizmusokat elpusztítja,
- UV- besugárzás: a mikroorganizmusokat inaktiválja,
- ultraszűrés, nanoszűrés: a mikroorganizmusokat eltávolítja,
- természetes biológiai szűrés: a szervesanyag kivonásával a mikroorganizmusok életterét megszünteti.[84]

A felsorolásból egyértelműen kitűnik, hogy a biológiai szűrésnek előnyös tulajdonságai vannak. Egyes kutatások azt is bizonyították, hogy a természetes parti szűrés nem csak a baktériumokkal szemben, hanem a vírusokkal szemben is hatásos lehet.

A szennyező anyagok kiszűrésére vízvizsgálatoknál a membránszűréses technológiát is már évek óta széles körben alkalmazzák. Több típusa is van pórusmérettől függően, azonban a gyakorlatban leginkább a mikroszűrés terjedt el. Azt, hogy melyek a membránszűrés egyes típusai, illetve hogy ezek mely anyagok, organizmusok kiszűrésére alkalmasak, a 27. ábrán láthatjuk.



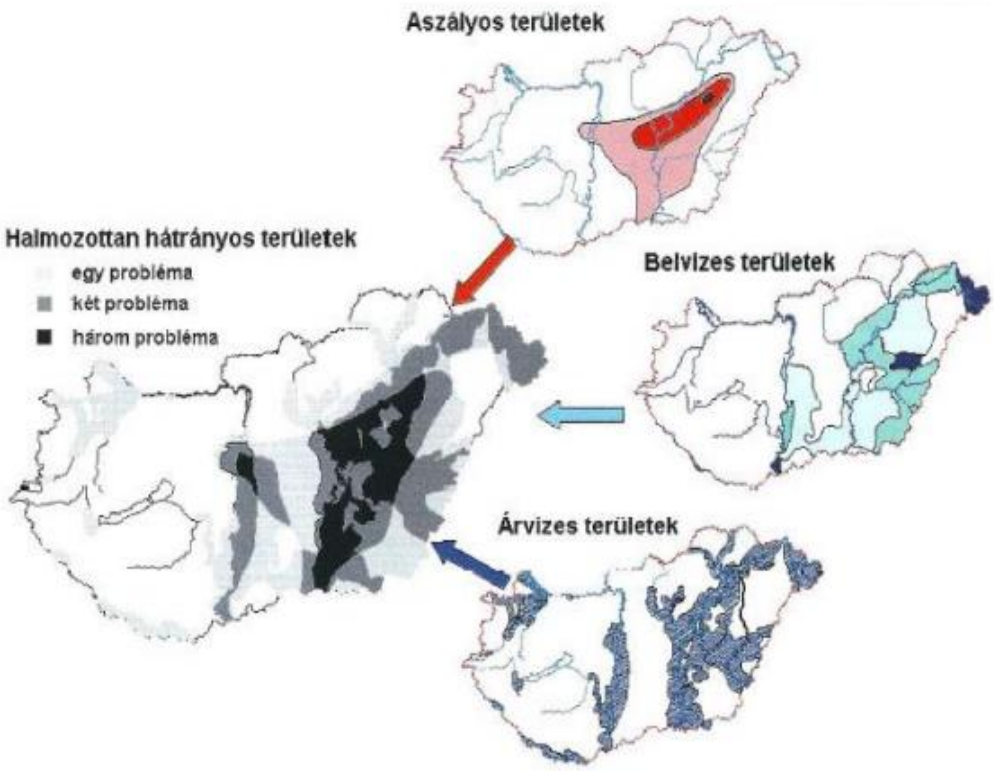
27. ábra: Membránszűrés típusai[85]

Sokan azonban az ultraszűrés fontosságát hangsúlyozzák a mikroszűréssel szemben, miszerint sokkal hatékonyabb megoldást jelenthet a víztisztításban.[86] Ultraszűréssel tulajdonképpen mindent el tudunk távolítani vízből, a klórt és a rákkeltő vegyületként ismert klórozott szénhidrogéneket is. Nehézfém maradványok szűrésére is alkalmazható, emellett még az oldószereket is eltávolítja. Kiszűri a vízből a homokszemeket, az iszapot és a rozsdát is, ezáltal javítva az ivóvíz egyes organoleptikus tulajdonságait. A módszer hatékonyságát az is jól mutatja, hogy mindezen paramétereken kívül eltávolítja még a mikroorganizmusokat, a baktériumokat, a vírusokat, az algákat és a gombákat is. Vannak arra irányuló kutatások is, amelyek azt mutatják, hogy ultraszűréssel képesek vagyunk a gyógyszer- és vegyszermaradványok egy részét is kiszűrni a vízből. Az ultraszűrő alkalmazásával tehát tökéletesen tiszta vizet állítunk elő úgy, hogy közben nem változtatjuk meg a víz pH értékét és még a benne lévő ásványi anyagokat is megtartjuk.[87]

2.6. Napjainkban jelentkező környezetbiztonsági kihívások, kockázatok

Az éghajlatváltozás hatására bekövetkező szélsőséges időjárási jelenségek és ezek pusztító hatása hazánkban is egyre gyakrabban megfigyelhető. Vannak olyan, az éghajlatváltozás során kialakult helyzetek, amelyeket nem lehet megelőzni, csupán a hozzá való alkalmazkodásra lehet felkészülni.[88]

Ahogy a 28. ábrán is látszik, Magyarországon az alábbi vízveszélyek a leggyakoribbak.

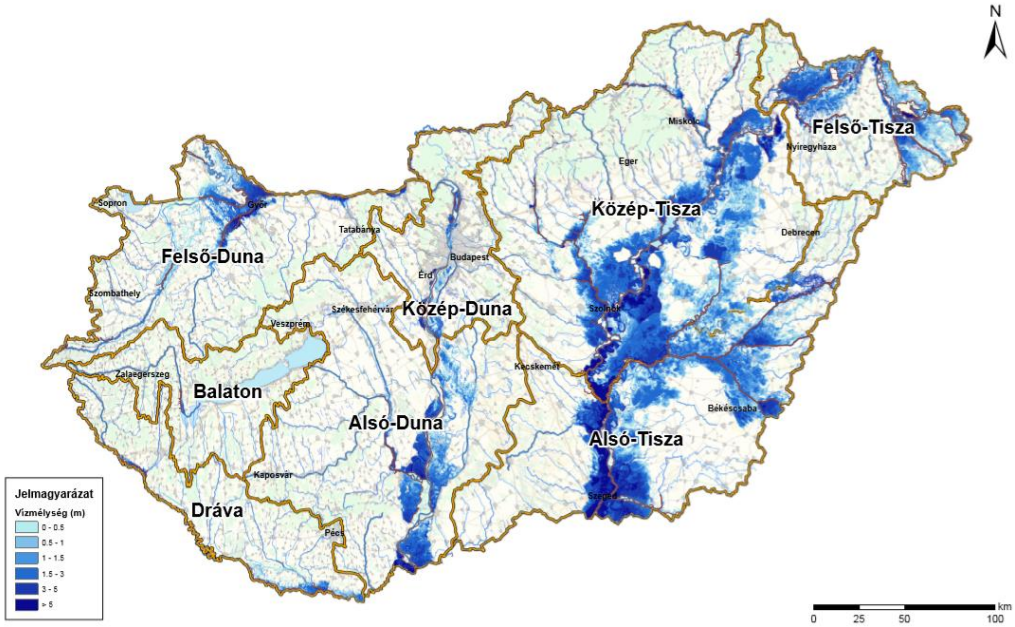


28. ábra: Magyarországi vízveszélyek[89]

A magyarországi vízbázisok többsége ár- és belvíz által is veszélyeztetett területen helyezkedik el, így a megjelenő többletvíz komoly gondokat jelenthet.

Hazánk földrajzi helyzete alapján megállapítható, hogy Európa egyik árvizektől leginkább fenyegetett területének számít. A domborzati adottságot súlyosbítja az ország éghajlata. Egyrészt a tengeri légáramlatok az év bármely szakaszában, a Duna vízgyűjtőjének bármely területén nagy intenzitású esőzéseket eredményezhetnek, amik nagy árvizeket okozhatnak, másrészt a klímaváltozás miatt egyre gyakrabban kell szélsőséges helyzetekre számítani.

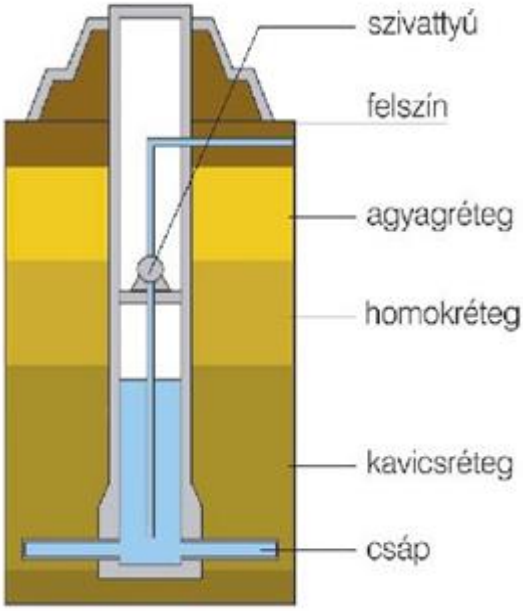
Ezek alapján kijelenthető, hogy az egyik leggyakoribb hidrológiai eredetű katasztrófatípus Magyarországon az árvíz. Árvízről akkor beszélünk, ha a folyó vízszintje olyannyira megemelkedik, hogy kilép a medréből és a vízzel nem borított földterületek ideiglenesen víz alá kerülnek. Három nagy árvízveszélyes időszak alakulhat ki, úgy, mint a hóolvadásból (tavaszi árvíz), a jégtorlódásból (jeges árvíz) és a tavaszi vagy a nyári esőzésből (zöldár). Országosan a települések 40%-a erősen, mintegy 80%-a valamilyen mértékben veszélyeztetett a vizek kártételeitől (29. ábra). Az árterületeken található az ország megművelhető területeinek egyharmad része, kb. 1,8 millió hektárnyi terület.[90]



29. ábra: Hazánk árvízi veszélyeztetettsége, 1 ezrelékes elöntési valószínűséggel[91]

Az árvizek során mind a víznyerő helyek, mind pedig a felszíni és felszín alatti vizeink szennyeződhetnek. Az ország különösen kiszolgáltatott helyzetben van, mert a felvízi államok esetében fennáll az a veszély, hogy elhasználják vagy elszennyezik a víz jelentős részét.[92]

Árvíz során a parti szűrésű csápos kutak (30. ábra) által termelt víz minőségében is hirtelen bekövetkező romlást tapasztalhatunk.

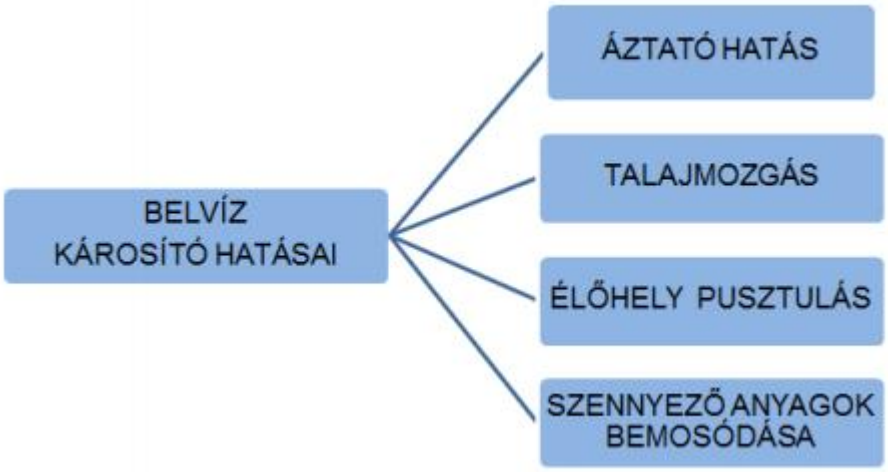


30. ábra: Csápos kút[93]

Ilyenkor a folyók sebessége megnő, ezáltal a víz áramlása is erősebb lesz és a vastag kavicsrétegen is gyorsabban halad át a folyó vize. Így a normál körülmények közötti szűrési folyamat nem játszódik le, pedig ezáltal válna a víz fizikailag, kémiailag és mikrobiológiailag is közvetlen emberi fogyasztásra alkalmassá. Ilyen esetekben még gyakrabban kell mintát venni a nyersvízből és megvizsgálni a kémiai és mikrobiológiai állapotát. Hogyha annyira megemelkedik a vízszint, akkor árvízi riasztást adnak ki és azonnali hatállyal le kell állítani a parti szűrésű kutakat, hiszen vízbetörés alakulhat ki. Ilyen esetekben a kockázati elemzések kimutatták, hogy sokkal gazdaságosabb és célszerűbb ezen kutak leállítása, mintsem hogy a nem megfelelő minőségű víz bejusson a rendszerbe.[94]

Másik komoly probléma, amely hazánkban előfordul, a belvíz, mely közvetlen és közvetett károkat is okozhat. A felszín vízzel való elborítása mellett a vízgyűjtő területek tervezettnél nagyobb hidrometeorológiai terhelése okoz gondot. A vízbázisok szennyezése tekintetében viszont a közvetetten kialakuló talajdegradáció kiemelendő, hiszen a talaj szűrő- és védőfunkciójának változása miatt könnyebben elszennyeződhetnek a felszín alatti vizek. Az is tény, hogy a földterülethez kötődő mezőgazdasági feladatok elvégzésének késleltetése, a helyreállítási feladatokhoz kapcsolódó infrastruktúra kialakítása, illetve a fokozott energiabeviteli körülmények vezethetnek szennyezéshez.[95]

Az egyes területeket elöntő belvíz az alatta lévő területre több káros hatást is kifejt, melyek rendszerezve a 31. ábrán láthatók.



31. ábra: Magyarországi vízveszélyek[96]

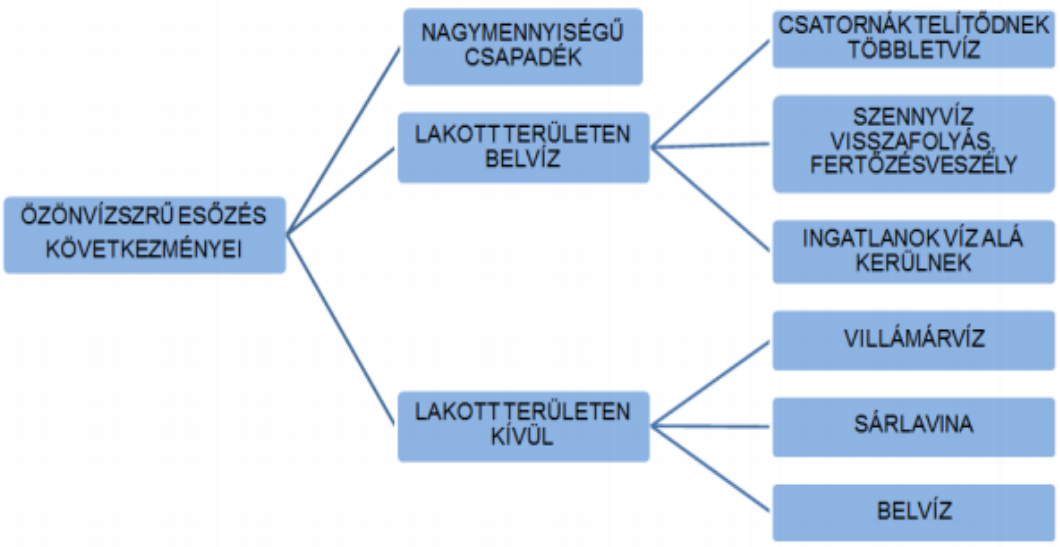
Az áztató hatás a területen lévő építményeket, műtárgyakat, valamint a beépített rendszerelemeket érinti, amikor az épületszerkezetek anyagminőségétől függően fejti ki károsító hatását. Sok esetben a felázott talajon a villamos felsővezetékeket tartó oszlopok is megdőlhetnek.

Talajmozgás esetén hosszú időn át vízzel elöntött területről beszélünk. A talaj alsóbb rétegeibe beszivárgó víz megváltoztatja annak szerkezetét, fellazíthatja vagy tömörítheti azt. A talaj elveszíti statikai képességét és állékonyságát, így a rajta lévő épületek és műtárgyak talajra nehezedő súlyuk következtében elcsúszhatnak egymáson, vagy megsüllyedhetnek. Ilyen esetben lehet oldalirányú és függőleges elmozdulás is, amelynek következtében súlyos kárt szenvednek az épületek, építmények, közművek, út- és vasútvonalak és az ezekhez tartozó műtárgyak is.

Élőhely pusztulás esetén a hosszú ideig, akár hetekig tartó belvíz következtében a növényzet nem jut hozzá a megfelelő életfeltételeihez és ez a kialakult helyzet a pusztulását fogja eredményezni. A területet elhagyni nem képes állatok elhullását is okozhatja, aminek következtében komoly fertőzésveszély is kialakulhat.

Vegyszerek bemosódása esetén az elöntés alkalmával különböző, a területen tárolt, felhasználásra váró vagy hulladékként kezelt vegyi anyagok a vízben feloldódhatnak és bemosódhatnak a talajba is. Mérgező hatást fejthetnek ki a vízi élővilágra, de akár a területen élő lakosságra is káros hatást gyakorolhatnak.[97]

Az esőzések is komoly károkozási hatással bírnak. Az elmúlt évtizedek klímaváltozási folyamatainak következményeként is megnövekedett a hirtelen, monszunszerű esőzések száma, ami az egységnyi idő alatt lehullott csapadékmagasság drasztikus emelkedésével járt, jóllehet bebizonyították, hogy az egy időszakra jutó átlagos csapadékmennyiség nem változott, csak a csapadék hullásának intenzitása erősödött meg. Általánosan kijelenthető, hogy a vízelvezető és kiegyenlítő műtárgyak elhanyagoltak (még akkor is, ha az utóbbi időben a közmunkások tevékenysége miatt ezen a területen javulás tapasztalható), vagy hiányoznak, ezért az özönvízszerűen lehulló csapadékmennyiséget az amúgy is terhelt csatornahálózat nem tudja elvezetni. Megfelelően méretezett kiegyenlítő műtárgyak hiányában a túlzott esőzések rendkívüli hidraulikai és szennyezőanyag terhelést jelentenek az élővizekre. Az eltömött, vagy nem rendesen tisztított, feliszaposodott árkok gyakran megtalálhatóak az időként előforduló vízminőségi haváriák okai között.[98]



32. ábra: Özönvízszerű esőzések következményei[96]

A lehullott csapadék mennyisége mellett annak minőségéről is szót kell ejteni. Egyrészt a megnövekedett motorizáció, az atmoszférában kiülepedő szennyeződések, a téli időszakban a jegesedés ellen használt sószórás, de a mindennapos emberi tevékenységek is mind a csapadékok minőségének romlásához és ez által a vizek szennyezéséhez járulnak hozzá. Jóllehet manapság az infrastruktúra fejlődésével egyes iparágak már helytől és nyersanyagtól függetlenül településhetnek, elmondható, hogy az ipar telepítési tényezői közül még mindig jelentős szerepet játszanak az ásványkincsek, az energiahordozók, az éghajlati tényezők, a víz, stb., mint a természeti, földrajzi környezet elemei.[99]

Vizeink minőségét rendkívüli módon befolyásolják a külföldi eredetű vízszennyezések, ugyanis a nagyfolyóink belépő szakaszainak vízminősége rosszabb, mint a kilépő szakaszok.[100]

Rendkívüli események bekövetkezésekor számolnunk kell azzal a problémával is, hogy felszíni vizeink mikrobiológiai rendszere negatív irányban megváltozik. Ilyenkor hatásos megoldás lehet a víz fertőtlenítése, melynek célja, hogy az emberi fogyasztásra szánt vízben élő, egészségre káros mikroorganizmusok elpusztuljanak, illetve elveszítsék fertőzőképességüket. A fertőtlenítés azért is kiemelt jelentőségű feladat, hiszen ezzel megakadályozhatók az esetleges járványok, megbetegedések kialakulását. Fertőtleníteni kell az ivóvizet minden olyan esetben, amikor a vízvizsgálatok eredményei azt mutatják, hogy időszakosan vagy állandó jelleggel fennáll a bakteriológiai szennyeződés veszélye.

2.7. A vízbiztonság katonai vonatkozásai

A katasztrófavédelmi tevékenységről általánosságban elmondható, hogy a megelőzésre nagy hangsúlyt kell helyezni, ugyanakkor megállapítható, hogy az extrém időjárási jelenségek okozta katasztrófahelyzeteket megelőzni nem lehet, viszont a gyors, hatékony kárfelszámolásra, illetve kárenyhítésre fel lehet és fel is kell készülni.[101] A hatékony felkészülést, továbbá a kárfelszámolási folyamatok hatékonyságát, valamint a kárenyhítési tevékenységet a szélsőséges időjárási jelenségek állandó megfigyelése, illetve az eddigi kárfelszámolások tapasztalatainak elemzése nagyban elősegítheti.[96]

A vízbiztonsághoz, illetve a vízminőség védelméhez tartozó feladatokhoz szorosan kapcsolódik a vízminőségi kárelhárítás, amely több szakaszból áll:

- a védekezésre való felkészülés (rendkívüli szennyezések megelőzése),
- a rendkívüli szennyezések észlelése, felderítése és minősítése,
- a kárelhárítás műveleti végrehajtása, valamint a szennyezés megszüntetése.

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.[20] Az ez elleni védekezés kiterjed a szükséges megelőző védekezési intézkedésekre és a már szennyezett víz által esetlegesen okozható további káresetek megakadályozására is. A rendkívüli vízszennyezéseket legtöbb esetben nem lehet megelőzni, ezért a hangsúlyt a vízminőségi károk elhárítására, illetve csökkentésére kell helyezni. A felszíni vizek szennyeződésekor a vízfolyások szennyeződése kedvezőbb. A lassú mozgású vagy állóvizek esetében sokszor a káros hatás nem azonnal jelentkezik. A szennyezés hatására a vizek oldott só- és szervesanyag-tartalma megnövekedhet, ez által elindulhat az eutrofizáció, más esetben pedig a szennyezések okoznak kárt, amikor kiülepednek az iszapba. Ilyen esetekben a vízminőségi kárelhárításnak kettős feladata van. Egyrészt fel kell számolni a bekövetkezett káreseményt, másrészt meg kell előzni a vízi ökoszisztéma károsodását. A 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.”[102]*

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) szennyezettségi értéket. 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) értékzónából a (D) határérték alá csökkenjen.

A kármentesítési eljárás kiválasztásakor figyelembe kell venni a humán, a környezeti és a környezetvédelmi kockázatokat is. A legalkalmasabb módszer egy adott szennyezés mentesítésére számos tényezőtől függ. A szennyező anyag fizikai és kémiai tulajdonságai, a szennyezett közeg hidrogeológiai adottságai, hogy van-e a közelben vízkivételi műtárgy, a mentesítést követő tervezett területhasználat, valamint hatósági és lakossági vélemények mind szerepet játszanak benne.[103] Mindezek mellett a megfelelő technológia kiválasztásakor fontos szempont a költséghatékonyság és a fenntarthatóság elve is. Ez utóbbi tényező miatt az elmúlt időszakban a kármentesítés során a fizikai és kémiai módszerek helyett a biodegradációs módszerek, azaz a bioremediáció került előtérbe. A fizikai és kémiai tisztítás során sokszor ugyan lecsökken a szennyezőanyag térfogata, viszont ugyanúgy jelen van a vízben. Emellett veszélyes hulladék és melléktermék is képződik, amelynek megsemmisítéséről szintén gondoskodni kell. Habár a fizikai és kémiai technológiák hatékonysága magas, a szennyezés felszámolásának mértéke eléri a 95-98%-ot és emellett a kivitelezés ideje is viszonylag gyors, nem tekinthető optimális választásnak, hiszen egyáltalán nem költséghatékony. A biológiai módszerek hátránya, hogy csak bizonyos típusú szennyezőanyagok és szennyezési koncentrációk mellett alkalmazhatóak és a környezeti állapot változása befolyásolhatja a folyamatot. Ugyanakkor jóval költséghatékonyabb eljárás, mint a

fizikai és kémiai. Sok esetben, mivel a (főleg nagy kiterjedésű) szennyezett területek kármentesítésénél nem a célterület teljes mentesítése, csak a „D” határérték elérése a cél, előnyben kell részesíteni a biológiai, in situ megoldásokat.[20] 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 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.[103]

Természeti, vagy civilizációs katasztrófák bekövetkezése esetén sajnos gyakran számolni kell a vízellátás akadozásával, vagy teljes kiesésével. A vízellátó rendszert ért káros hatások tekintetében alapvetően két lehetőséget kell elkülöníteni. Az egyik, amikor a katasztrófa következtében a vízbázis szennyeződik, például veszélyes anyag kerül a környezetbe, amely a talajba szivárogva eléri a vízréteget (például tiszai ciánszennyezés, vörösiszap katasztrófa), vagy árvízi elöntés következtében biológiai szennyeződés kerül a vízellátó rendszerbe. Ezekben az esetekben a rendszer elemei, szivattyútelepek, víztisztító berendezések, csőhálózatok nem sérülnek meg, tehát csak a víz minőségének biztosítása érdekében kell a rendszerbe beavatkozni. Ez eltarthat hosszabb-rövidebb ideig is akár, ezért amíg a vízminőség nem felel meg a vonatkozó rendeletben előírtaknak, addig más forrásból kell a lakosság ellátását biztosítani.

A másik, talán súlyosabb eset, amikor a vízellátó rendszer elemei is megsérülnek, tehát a szivattyúk, víztisztító berendezések, csőhálózatok fizikai károsodást szenvednek, például földrengés, robbanás következtében. Ekkor az adott területen leáll a vízszolgáltatás és alternatív megoldásokat kell alkalmazni a lakosság ellátása érdekében.[104] Ha kis területet, egyetlen települést, vagy körzetet érint a vízellátás kiesése, akkor ideiglenes jelleggel tartálykocsik üzembe helyezésével is biztosítható a vízellátás. Hosszabb idejű, illetve nagyobb kiterjedésű ellátási zavar esetén, más alternatív megoldások alkalmazása szükséges.

A lakosság ivóvízellátását a közüzemi szolgáltatók biztosítják, azonban a Magyar Honvédségnél ez a folyamat a műveleti támogatási feladatok közé tartozik. Ez egy

sajátos elem a rendszeren belül, ugyanis a felderítés és a kitermelés a műszaki támogatási, a víz elosztása pedig a logisztikai feladatok közé tartozik.[61]

2.8. Részkövetkeztetések

A második fejezetben vizsgáltam a vízgazdálkodás folyamatát és az erre vonatkozó jogszabályi hátteret. Részleteztem, hogy az ivóvízellátás során milyen vízminőségi és- biztonsági előírásokat, tényezőket kell figyelembe venni, melynek során az alábbi részkövetkeztetéseket vontam le.

A vízminőség kedvezőtlen alakulásáért számos esetben a biológiai tényezők felelősek, ezek közül is leginkább a baktériumok. Fontos feladat tehát a vízbázisok rendszeres ellenőrzése, mely kiterjed a mikroorganizmusok kimutatására is, hiszen ezek elszaporodása a vízben az emberi egészségre is veszélyt jelenthetnek.

Feltártam és összegyűjtöttem azokat az eljárásokat, vízkezelési metódusokat, amelyekkel a vízben található szennyeződéseket, mikroorganizmusokat ki tudjuk szűrni, vagy adott esetben inaktiválni tudjuk, hogy ezzel is hozzájáruljunk a megfelelő vízminőség garantálásához. A napjainkban jelentkező környezetbiztonsági kockázatok bemutatása során rávilágítottam azokra a kritikus pontokra, tényezőkre, ahol kiemelt figyelmet kell fordítani a vizek megfelelő mikrobiológiai állapotának megtartására.

A vízhiány vagy a rossz minőségű víz rengeteg olyan negatív kockázatot rejthet magában, ami a hétköznapi, lakossági szempontú felhasználhatóságát nehezítheti. A vízminőség biztosításának érdekében kiemelt feladat tehát a környezet- és biztonságtudatos, felelős vízfelhasználás és a vízbázisok védelme. A megfelelő minőségű ivóvíz biztosításának érdekében fontos a vízellátó rendszerből történő folyamatos mintavételezés és részletes analitikai, valamit mikrobiológiai vizsgálatok végzése, amelyek kimutatják a vízszennyezéseket. Amennyiben környezetszennyezés történik, az adott szennyezésfajtára exponálva ki kell terjeszteni a vizsgálatokat az ivóvízbázis környéki felszíni vizekre és a talajra is. Ezáltal nyomon követhető a szennyezés útja.

A fenntartható vízgazdálkodásért az ipari, valamint a lakossági vízfelhasználóknak egyaránt erőfeszítéseket kell tennie. A globális klímaváltozás hatásaihoz szükséges alkalmazkodni a vízgazdálkodás és a vízfelhasználás tekintetében is.

Áttekintettem a vízgazdálkodás aktuális hazai kérdéseit és ennek kapcsán felhívom a figyelmet a váratlanul bekövetkező rendkívüli események vízbázisra gyakorolt

hatásainak kezelésére, ugyanis ezek ismeretében lehet eleget tenni a jövőbeni kihívásoknak. Felvázoltam, hogy rendkívüli vagy váratlan vízszennyezés esetén milyen kárelhárítási feladatokat kell a hivatásos szakembereknek, katasztrófavédelmi, honvédségi embereknek ellátni.

A víz életünk alapja, ugyanakkor biztonsági tényező is. A vízellátás a kritikus infrastruktúra egyik legérzékenyebb eleme, ezért a víztesteket ért bármilyen hatás mielőbbi kiküszöbölése fontos feladat.

3. MIKROBIOLÓGIAI VÍZVIZSGÁLATI MÓDSZEREK BEMUTATÁSA

A vizekben előforduló mikroorganizmusok detektálására számos eljárás áll rendelkezésre. A módszerek kiválasztását meghatározza a vizsgálat célja, illetve a jogszabályban rögzített tényezők.

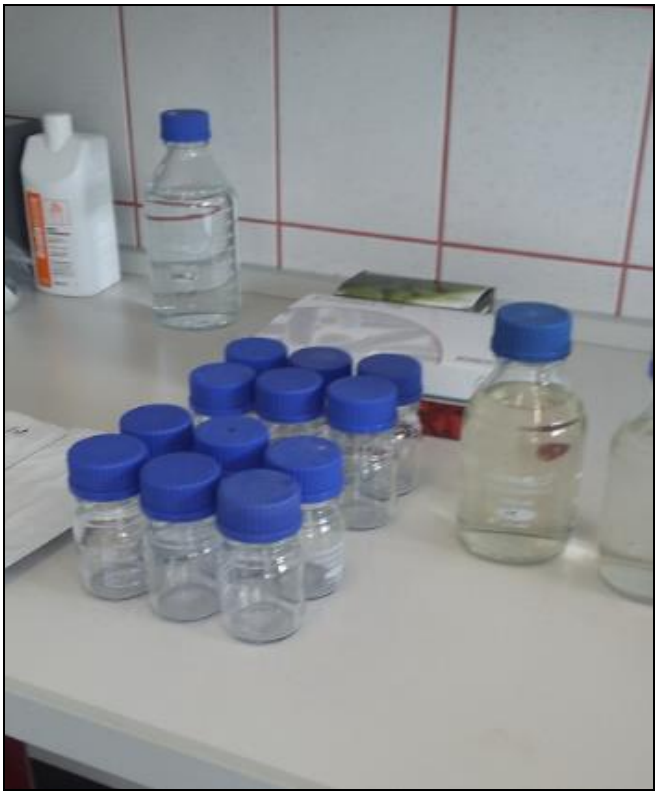
Mielőtt bemutatom a hazánkban elérhető és vízvizsgálatok alkalmával használatos mikrobiológiai módszereket, kitérek még egy fontos lépésre, a mintavételre. Vizsgálati módszertől függetlenül kijelenthető, hogy ez az egyik legfontosabb mozzanat a vizsgálatok során. Kiemelt figyelmet kell fordítani a precíz mintavételre, hiszen, ha ebbe a folyamatba hiba csúszik, akkor ez által a végső eredmény sem lesz megbízható.

3.1. Mintavétel

A mintavétel gyakoriságát az ivóvíz minőségi követelményeiről és az ellenőrzés rendjéről szóló 201/2001. (X. 25.) Kormányrendelet határozza meg. A vizsgálandó minták száma többek között a település nagyságától és a naponta szolgáltatott ivóvíz mennyiségétől függ. Általánosságban elmondható, hogy az adott területen az illetékes vízmű munkatársai évente átlagosan 4 db mintát vesznek, amely mintáknál ellenőrző vizsgálatot hajtanak végre, aminek az a célja, hogy rendszeres tájékoztatást kapjunk az emberi fogyasztásra szolgáló ivóvíz főbb tulajdonságairól, többek között az organoleptikus és mikrobiológiai minőségről, az egyes kémiai vízminőségi jellemzőkről, a vízminőség változásáról, illetve a vízkezelés hatékonyságáról. A vizsgálat során ezeket a paramétereket vizsgáljuk: szín, szag, íz, zavarosság, pH, vezetőképesség, telepszám 22°C-on és 37C°-on, Esherichia coli és Coliform baktériumok. A mikrobiológiai vizsgálatok módszereit a kormányrendeletben szabályozzák. Az ellenőrző vizsgálaton kívül évente 1 alkalommal még teljes körű, részletes vizsgálatot is el kell végezni annak érdekében, hogy megállapítsuk, hogy az ivóvíz megfelel-e a kormányrendeletben foglalt valamennyi követelménynek.[48]

A vizsgálatok elvégzése céljából több helyről is lehet mintát venni, többek között magánál a vízműnél, a nyersvízből, majd a kezelésen átesett vízből, ezen kívül pedig a kijelölt fogyasztói pontokon is, amelyekhez a közkifolyók, csapok, nyilvános WC-k és kutak tartoznak. Fontos, hogy ezeket a mintákat minden esetben egy erre kijelölt tapasztalt mintavevő személy vegye le, aki rendszeres továbbképzésen vesz részt. A mikrobák kimutatását célzó vizsgálatoknál kiemelt fontosságú, hogy mintavételkor a

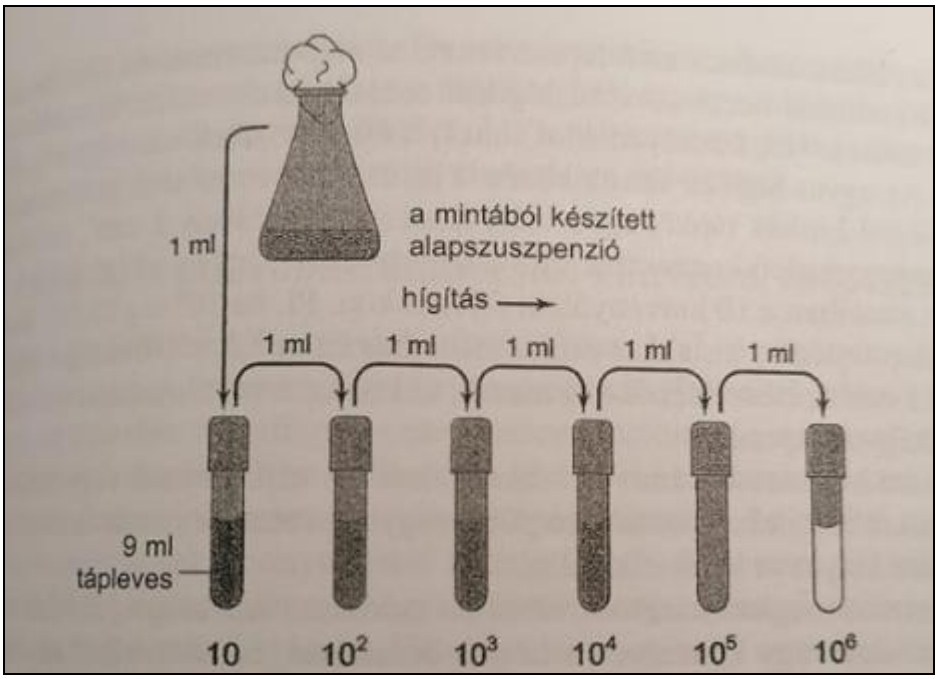
vízkivételi helyet, például a csap száját le kell lángolni, ezzel elkerülve a víz külső szennyeződések által történő kontaminációját. A csapot megnyitva, pár perc kifolyatás után a vizet steril üvegbe engedik. A mintát lezárva, megfelelő hőmérsékleten tartva a lehető legrövidebb időn belül az akkreditált Minőségvizsgáló Laboratóriumba kell szállítani, ahol a kijelölt mikrobiológiai vizsgálatokat el tudják végezni.



5. kép: Vízminták előkészítése [Forrás: saját készítés]

A telepszám meghatározása is csak bizonyos határok között végezhető el kellő pontossággal (például 30-300 között), ezért a minta mikrobaszámát hígítással kell beállítani. A hígítás már a minta előkészítésének első lépése lehet, amikor annak érdekében, hogy jól elkülönült, izolált telepeket kapjunk, a mintából egy hígítási sort kell készíteni. Az alapszuszpenziót általában tízszeres hígításra állítjuk be. A további hígítási sorozat is decimális léptékben készül, leggyakrabban úgy, hogy 1 cm^3-t átoltunk 9 ml hígító folyadékba, ami többnyire steril víz vagy híg, 0,1%-os peptonvíz (33. ábra). Az egyes hígítási fokok között a mintát mindig alaposan homogenizálni, keverni kell. Az utolsó kioltás már a tápközegbe történik, mennyisége lemezöntéskor 1 cm^3, szélesztéskor pedig 0,1 cm^3. A minta eredeti koncentrációját a kapott telepszám és a hígítási fok szorzatából kapjuk meg, amit általában a 10 hatványában

fejezünk ki. Ha például egy 10^8 hígításból készült lemezen 53 telepet számoltunk meg, akkor a mintában lévő mikrobaszám 5,3 x 10^9 cfu/g. Ha ugyanezt az eredményt kapjuk 0,1 cm^3 felületi szélesztésnél, akkor 5,3 x 10^{10} cfu/g lesz az eredmény.[47]



33. ábra: Hígítási sor készítése [45]

Abban az esetben, ha egy adott mintában valamelyik érték túllépése tapasztalható, akkor végre kell hajtani a szükséges vízkezelési intézkedéseket, például klórozást, ezáltal javítva a víz minőségét. Ezek után újbóli mintavétel következik, annak érdekében, hogy megállapítsuk, sikeres volt-e a vízkezelés és minden paraméter határértéken belül van-e a mintában.

A minta megfelelő előkészítése után jön maga a vizsgálati szakasz. A különböző alkalmazott vizsgálati eljárásokra a következőkben térek ki.

3.2. Mikrobiológiai vízvizsgálati módszerek hazánkban

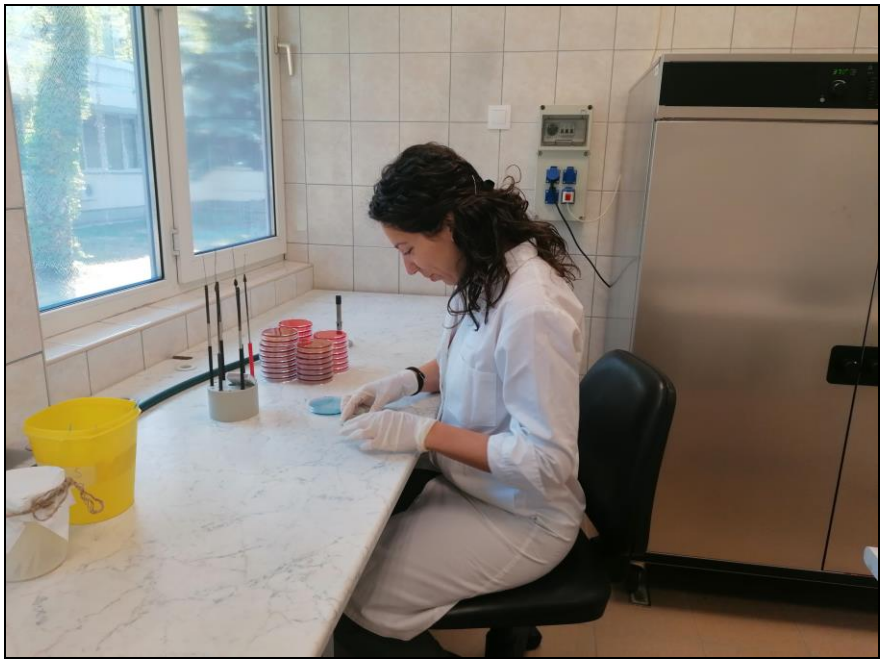
3.2.1. Tenyésztéses eljárások

Hazánkban a hivatalos, akkreditációval rendelkező vízvizsgáló laboratóriumok a kormány-, illetve EMMI rendeleteknek megfelelően az ezekben foglalt MSZ szabványok alapján a tenyésztéses mikrobiológiai eljárásokat alkalmazzák vízvizsgálatok esetén. Ezen szabványokat összesítve a vízből kimutatandó mikroorganizmusokhoz rendelve a 3. táblázatban találjuk.

Vizsgálati jellemző	Szabvány	Előírás
Escherichia coli	MSZ EN ISO 9308-1	201/2001.(X.25.) Korm.rendelet
Enterococcusok	MSZ EN ISO 7899-2	
Pseudomonas aeruginosa	MSZ EN ISO 16266	
Telepszám 22°C-on	MSZ EN ISO 6222	
Telepszám 37°C-on	MSZ EN ISO 6222	
Legionella	MSZ EN ISO 11731:2017	49/2015.(XI.6.) EMMI rendelet

3. táblázat: Mikrobiológiai vízminőségi jellemzők és a rájuk vonatkozó szabványok [Forrás: a szerző összeállítása [48][49] források alapján]

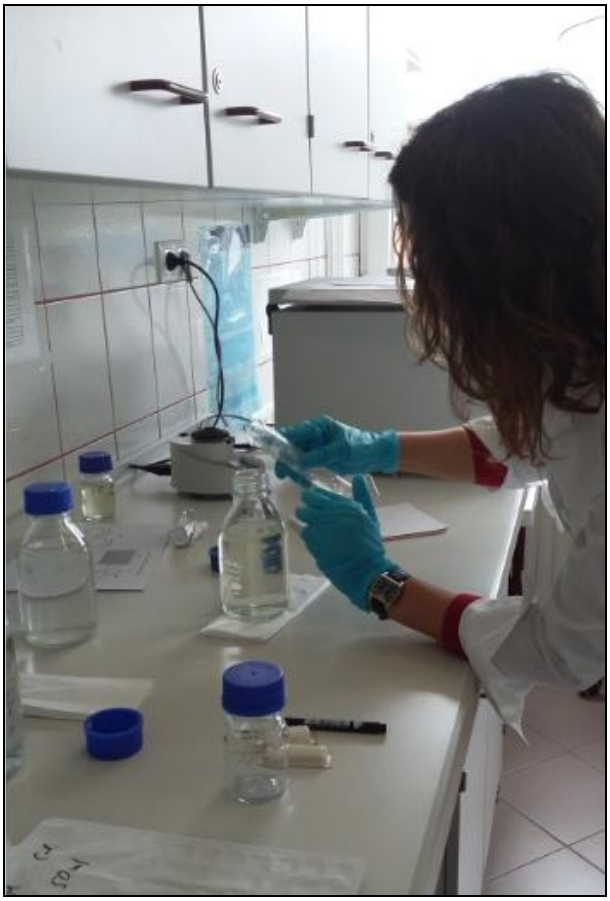
A telepszám meghatározására a lemezöntéses módszer[6] alkalmazható. A mikroorganizmusok számát két különböző hőfokon vizsgáljuk és adjuk meg, az egyik a 22°C, a másik pedig a 37°C. Az egyes hőfokokhoz eltérő inkubációs idő is tartozik, 22°C-on 72 órán át, míg 37°C-on 24 órán keresztül tartják az adott hőfokon a lemezeket. Az inkubációs idő lejárta után az eredményt telepszámlálásos módszerrel lehet megadni.



6. kép: Telepszámlálás tenyésztéses eljárásnál [Forrás: saját kép]

[6] Lemezöntéses módszer: a mikrobaszám direkt, közvetlen módon történő meghatározásának egyik módszere. A mintát (hígítást) Petri-csészébe pipettázzuk és a folyékony táptalajt ráöntjük, majd összekeverjük és hagyjuk megdermedni.

Az E. coli, a Pseudomonas aeruginosa és az Enterococcusok kimutatásához a szabványban rögzített, meghatározott pórusméretű membránszűrőn átszűrik a vizet, majd a membránfiltert a szelektív táptalaj felületére teszik és az előírásnak megfelelő hőmérsékleten és ideig inkubálják. Ezen mikroorganizmusoknál ez 24-48 órán át is eltarthat, majd ezután itt is telepszámlálásos módszerrel határozzák meg a mikroorganizmusok számát.



7. kép: Minta előkészítése [Forrás: saját kép]

A Legionella esetében kell a legtöbb időt a várakozásra szánni, hiszen jelen esetben a lemezek inkubálása 10 napig is eltarthat és csak utána tudjuk az eredményt megadni.
A tenyésztéses módszerekről általánosságban kijelenthető, hogy viszonylag hosszabb idő, 24-72 óra, de akár 10 nap is lehet az inkubálási idő és csak ezután lehet megszámolni a kinőtt telepeket.
Emellett viszont azt is fontos megemlíteni, hogy a tápközeg és az inkubálás paramétereinek változtatásával a módszer más típusú mikrobák számolására is alkalmassá válik, például élesztők és penészek, anaerobok vagy más spórás baktériumok számának meghatározására, különböző mintákban, nem csak az ivóvízben. Ez a rugalmasság a módszer nagy előnye. Hátrányai viszont a lassúság, a

nagy anyag- és munkaigény és a viszonylagos pontatlanság (például a bemérési és hígítási hibák következményeként).

3.2.2. Gyorstesztek

Ezek a vizsgálati módszerek arra alkalmasak, hogy szennyeződés esetén a helyszínen meg tudjuk határozni hogy az adott kórokozó jelen van-e vízben, vagy sem. A tesztek nagyságukból kiindulva alkalmasak arra, hogy mobil eszközként bárhova magunkkal vigyük. Ezen módszerek lényegében egy előzetes tájékoztatást adnak arról, hogy milyen jellegű szennyeződéssel állunk szemben. Ahogy a 34. ábrán is látható, leggyakrabban valamilyen színreakció vagy csíkok megjelenése mutatja az eredményt. Ezen tesztek leggyakrabban csak arra alkalmasak, hogy megmutassák, hogy az adott kórokozó jelen van-e a mintában, vagy sem.

34. ábra: Víz különböző paramétereinek meghatározása gyorsteszttel[105]

Vannak már olyan fejlesztések, amelyek mennyiségi meghatározást is lehetővé tesznek, igaz, itt már a vizsgálati idő is megnövekedett, tehát nem azonnali kimutatásról beszélhetünk. Általánosságban azonban elmondható, hogy ezeknek a teszteknek az érzékenysége nem túl jó, ez által nem minden esetben kapunk megbízható eredményt. A gyorsteszteket leginkább a kémiai paraméterek (például nitrát, klór, vas, stb.) meghatározásnál alkalmazzák a víz esetén.

3.2.3. PCR eljárás

Számos olyan gyorsdiagnosztikai eljárás létezik, amellyel rövid idő alatt megkapjuk az eredményt. A víz vizsgálatakor leggyakrabban a PCR eljárást alkalmazzák. A polimeráz láncreakció vagy más néven PCR (polymerase chain reaction) segítségével

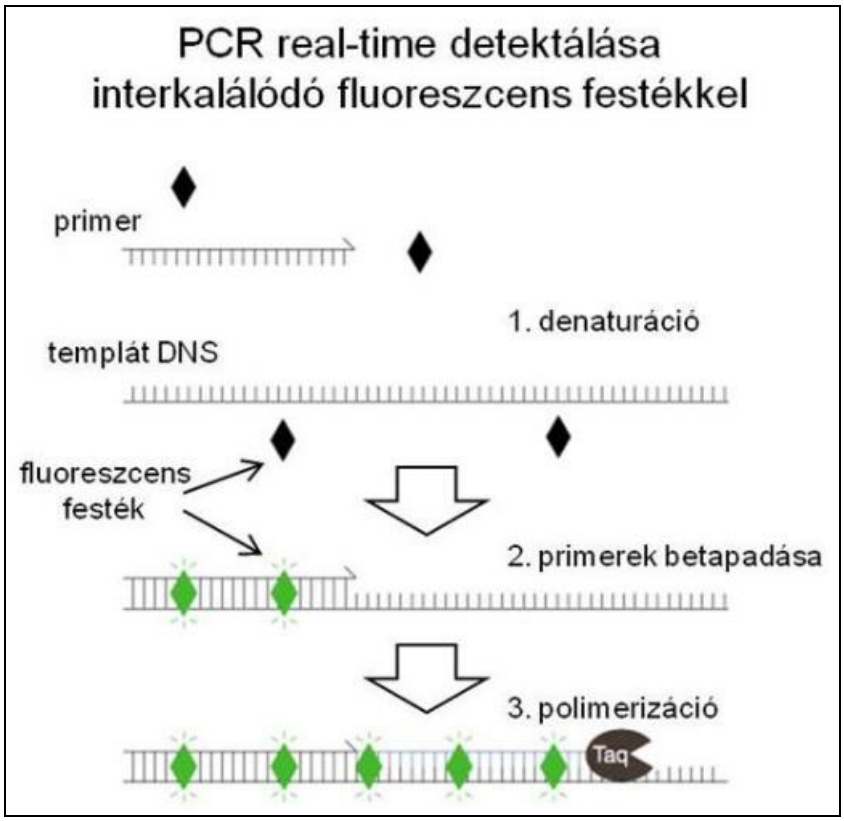
néhány száz, maximum 3000 bp[7] hosszúságú DNS-szakaszok szaporíthatók fel mesterségesen. A vizsgálat során sejten kívüli, azaz in vitro módszert alkalmaznak.[47] A PCR reakció mikrobiológiai alkalmazásának egyik nagy előnye abban mutatkozik meg, hogy a felszaporítani kívánt gént vagy DNS-szakaszt tetszőlegesen lehet kiválasztani, ezáltal a reakció specifikussága is választható a célnak megfelelően. Abban az esetben, ha a kiválasztott gén nemzetségre specifikus, akkor az adott nemzetséghez tartozó valamennyi mikrobát ki tudjuk mutatni. Ha viszont a felszaporító gén fajspecifikus, akkor a kérdéses fajt lehet pontosan meghatározni. A módszer előnye abban is rejlik, hogy már néhány sejtből kiindulva is fel tudunk szaporítani olyan mennyiségű DNS-t, amely már további molekuláris vizsgálatot tesz lehetővé. Emellett azt is fontos megjegyezni, hogy az élelmiszerekből, ezáltal a vízből történő közvetlen PCR-es amplifikálásra ritkán van lehetőség, mivel a reakció egy enzimes folyamaton alapszik és az élelmiszerekben megtalálható enzimgátlók miatt meghiúsul a reakció. Ebben az esetben elődúsított vagy dúsított tenyészetből kell kiindulni, hogy a legmegbízhatóbb eredményt kapjuk.[45]

A PCR módszer általában csak a cél DNS kimutatására, az azt tartalmazó mikroba jelenlétének vagy hiányának igazolására alkalmas, attól függetlenül, hogy a keresett mikroba milyen mennyiségben volt jelen a mintában. A különböző PCR módszerek közül a valós idejű vagy real-time PCR alkalmas a mennyiségi meghatározásra. A megnevezése arra utal, hogy az adott időben jelenlévő cél DNS-t nemcsak kimutatjuk, hanem a mennyiségét is meg tudjuk határozni. A real-time PCR érzékenysége megegyezik a tenyésztéses módszerével és lehetővé teszi a komplett kimutatást a dúsítás időtartamával együtt kevesebb, mint 48 óra alatt.[106]

A hagyományos PCR technológiával szembeni nagy előnye a mennyiségi meghatározáson túl, hogy képes megkülönböztetni az élő és holt sejteket. Az egyszerű PCR esetén az elhalt sejtekből kivont és még akár napokig amplifikálható DNS-molekulák ugyanolyan jó célpontjai a primereknek, mint az élő sejtek DNS-ei. A valós idejű PCR technikával meghatározható az élő és holt sejtek aránya is, ugyanis az elhalt sejtekből származó DNS mennyisége az idővel nem nő, míg az élő sejtek esetén igen. A real-time PCR lényege, hogy a PCR termék amplifikálódása

[7] bp: bázispár; a komplementer DNS szálak egymással szemben elhelyezkedő, hidrogénkötésekkel összekapcsolt nukleotidpárja

közben egy fluoreszcens festékkel jelölt specifikus génpróba mennyiségét is detektálják.



35. ábra: PCR real- time detektálása[107]

A patogén mikroorganizmusok kvantitatív meghatározásakor egyre nagyobb szerepet kap a real-time PCR, hiszen ezen módszer érzékenysége meglehetősen nagy, a vizsgált mikrobából akár már egyetlen telepképző egység/ml is detektálható. A dúsítás fázisa azonban ennél a módszernél sem hagyható el az alacsony mikrobaszám miatt.[45] A kiindulási DNS mennyiségére a jelnövekedés korai exponenciális fázisa alapján következtethetünk.[108]

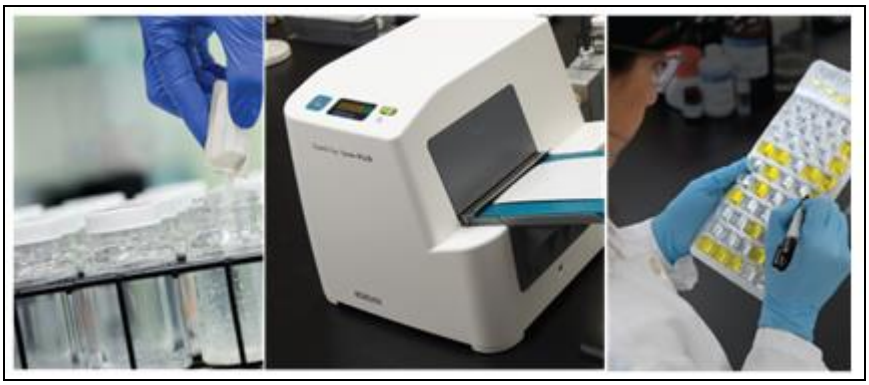
3.2.4. IDEXX módszer

Az előzőekben bemutatott módszereken kívül létezik más eljárás is, amelyet vízmintákból történő mikrobakimutatásra használnak. Ez a módszer külföldön már széles körben elterjedt és már hazánkban is alkalmazzák néhány esetben.

A következőkben röviden ismertetem, hogyan zajlik az egyes mikrobák kimutatása.

A módszerek alapelve az egyes mikroorganizmusokat tekintve hasonló, a meghatározott mennyiségű vízmintába beletöltik a gyárilag összeállított reagenst, majd feloldás után megtöltik az úgynevezett Qanti-Tray tálcát (7. kép). Ezután a

mintával megtöltött tálcát egy speciális géppel lezárják és megfelelő hőmérsékleten és időn keresztül inkubálják, majd a módszernek megfelelően értékelik az eredményt. A gyártó ezeket a teszteket úgy forgalmazza, hogy alkalmasak az adott mikroorganizmus detektálására ivóvízben, kezelt és nem kezelt uszoda- és fürdővizekben.



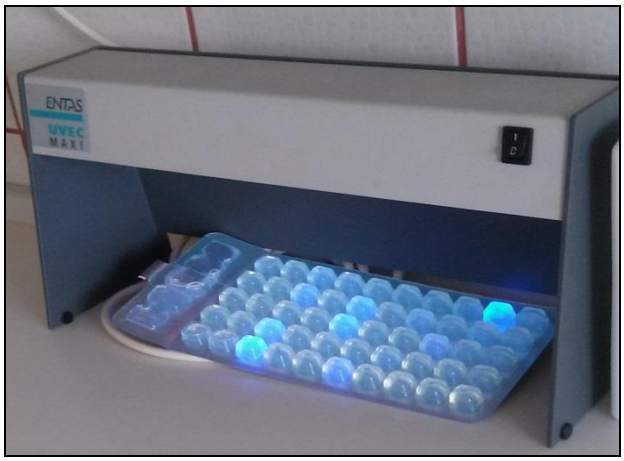
8. kép: Vizsgálati metódus képekben[109]

A Coliform és az E. coli kimutatása egyazon módszerrel, a Colilert 18-al történik, amikor a vízmintából meghatározott mennyiséget pipettázunk egy üvegbe, majd hozzáadjuk a steril vizet, illetve a Colilert reagenst, mely különböző sókat, vitaminokat és cukrokat is tartalmaz. Ennek a reagensnek a szerepe, hogy hozzájáruljon, illetve elősegítse, felgyorsítsa a mikroorganizmusok növekedését, szaporodását. Ezt a reagenssel elegyített vízmintát bele kell tölteni egy tasakba, amit lezárás után 36°C-on 20 órán át inkubálnak. A Coliform pozitivitást, ahogy a 9. képen is látszik, a sárga cellák jelzik.

9. kép: Coliform kimutatása Colilert módszerrel 1. [Forrás: saját kép]

A Coliform kimutatásánál használt Colilert 18 módszer az orto-nitrofenil-β-D-galaktopiranosid (ONPG) β-galaktozidázzal történő enzimatikus bontásán alapszik. Az enzimaktivitás eredményeként a minta színtelenről sárgára változik. Az eljárás, illetve az eredmény meghatározása UV megvilágítást nem igényel.[110]

Az E. coli esetében szintén enzimatikus úton történő reakcióról beszélhetünk, azonban ez a módszer a 4-metil-umbelliferil-β-D-glükuronid (MUG) β-glükuronidázzal történő enzimatikus bontáson alapszik. Az enzimaktivitás eredményeként a minta színtelenről sárgára változó kis zsebei, melyek a coliform pozitivitást jelzik, UV megvilágítás alatt kék színben fluoreszkálnak (10. kép).[111] A színes cellák száma alapján egy úgynevezett MPN módszer[8] segítségével, statisztikai táblázatból kiolvasható az eredmény. A vízminta mennyiségétől függően az eredményeket 1, 10, 50 vagy 100 ml-re adják meg.[112]



10. kép: E. coli kimutatása Colilert módszerrel 1. [Forrás: saját kép]

A Pseudomonas aeruginosa kimutatása Pseudalert módszerrel történik, mely az alapjait tekintve hasonló elven működik, mint a Colilert módszer, csak az inukábálási paraméterekben van különbség. Ezen mikrobánál 38°C-on 24 órán keresztül kell inkubálni a tasakokat, majd utána megszámolni az UV fény hatására kék színnel fluoreszkáló pozitív buborékokat. Az eredményt ebben az esetben is MPN módszerrel kell megadni.[111]

Az Enterococcusok meghatározására az Enterolert-DW módszer alkalmazható. Ez szintén az orto-nitrofenil-β-D-glükozid (ONPG) glükoziddal való enzematikus bontásán alapul. A 41°C-on 24 órán át tartó inkubálási idő után a minta színe kékről zöldre változik, ezzel jelezve a pozitivitást. Ez az eljárás nem igényel UV megvilágítást.

A Legionella esetén is kifejlesztettek egy ásványi sókból, vitaminból álló keveréket, melyet a vízmintához adagolva 7 nap alatt lehet eredményt kapni.[113]

[8] MPN módszer: a legvalószínűbb sejtszám módszere (most probable number). Folyékony tápközegben, a szaporodást mutató tenyészetek száma szerint, statisztikai alapon határozzák meg.

3.3. Veszélyhelyzet katonai oldalról megközelítve

Abban az esetben, ha a katonai alakulatokat is érintő katasztrófahelyzetről vagy egyéb veszélyhelyzetről van szó, amely érinti, esetleg kedvezőtlenül befolyásolja a katonai környezetbiztonságot, akkor ez a tevékenység a Magyar Honvédség Görgei Artúr Vegyivédelmi Információs Központ (MH GAVIK) feladatai közé tartozik.

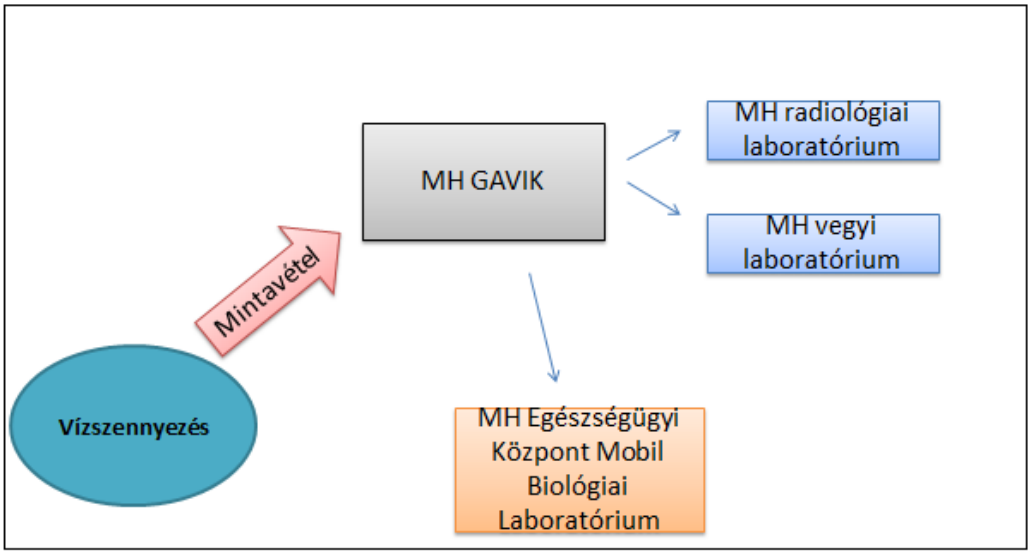
3.3.1. Magyar Honvédség Görgei Artúr Vegyivédelmi Információs Központ

Az MH GAVIK többek között egy Havaria laboratóriumot is működtet, ahol a fő feladatuk a vegyi- és radiológiai vizsgálatok elvégzése. Ezen tevékenységüket a NATO STANAG AEP-66 előírásai szerint végzik. A megfelelő mintavételezés után a mintákat a laboratóriumoknak adják át, ahol az előírások alapján megtörténik a vizsgálat. A mintavételezés fő célja, hogy a mintavevő egységek, illetve a laboratóriumban dolgozók felkészüljenek egy esetleges vegyi támadásra és éles helyzetben már rutinszerűen tudják elvégezni mind a mintavételt, mind pedig a vizsgálatokat. A nyílttéri vizekből történő mintavétel során a helyszínen is tudnak alapvizsgálatokat végezni különböző gyorstesztekkel, gyorsanalitikai eszközökkel (36. ábra).

36. ábra: Gyorsanalitikai eszközök[114]

Meg tudják határozni többek között a víz nitrit- és nitráttartalmát, további anionokat és kationokat, a víz keménységét, hőmérsékletét és pH-ját. Tevékenységi körük rendkívül szerteágazó, hiszen többek között részt vettek a vörösiszap katasztrófa felszámolásában, a tiszai ciánszennyeződés meghatározásában és mentesítésében és közreműködtek az elmúlt időszakban hazánkban is megjelent COVID-19 vírus

kapcsán végrehajtott mentesítési tervek kidolgozásában is.[9] A következő ábrán az MH GAVIK és a különböző vizsgáló laboratóriumok közötti kapcsolatok láthatók.



37. ábra: Vízszennyezés vizsgálata katonai vonatkozásban [Forrás: saját készítés]

3.3.1. Magyar Honvédség Egészségügyi Központ Mobil Biológiai Laboratórium

A biológiai jellegű mintákat azonban nem a MH GAVIK Havaria laboratóriumában, hanem a Magyar Honvédség Egészségügyi Központ Mobil Biológiai Laboratóriumban vizsgálják.

Ennek a labornak a fő tevékenysége a katonai biológiai védelem. Ha biofegyverek alkalmazásának vagy bioterrorista cselekménynek a gyanúja merül fel, akkor a kijelölt mintavevő egység, jelen esetben az MH GAVIK által levett mintákat bevizsgálják. Ez a felállás magyarországi tekintetben érvényes, azonban ha külföldi gyakorlatok során, NATO felajánlásban működik ez a Mobil Biológiai Laboratórium, akkor a mintavételt az adott ABV alegységhez kijelölt mintavevő csoport végzi. Létezik egy úgynevezett NATO Response Force (NRF), egy többnemzetiségű gyorsreagálású haderő, amelynek a célja a szervezet katonai képviselete. Ez az NRF a világ bármely pontján bevethető feladattól függően változó összetételű összhaderőnemi, expedíciós készenléti magasabb egység. Különböző konfliktushelyzetekben képes szinte azonnal a helyszínre kitelepülni és akár 30 napon át önálló harctevékenységet folytatni. Az NRF összetételét tekintve elég változatos, többek között dandárerejű szárazföldi komponenssel, haditengerészeti

[9] Interjú Hegyes Imrével, a Magyar Honvédség Görgei Artúr Vegyivédelmi Információs Központ Radiológiai Laboratórium vezetőjével

alkalmi harci kötelékkel, repülőgép-hordozó csapásmérő csoporttal rendelkezik. Ezeken kívül a kötelék részét képezik még a harctámogató és ezeket kiszolgáló erők, mint például a nukleáris, biológiai és vegyivédelmi képességgel bíró erők.[115] Jelenleg az NRF részét képezi a Mobil Biológiai Laboratórium és ehhez kapcsolódó mintavevő egységként az MH GAVIK.

Általánosságban elmondható, hogy a biológiai események döntő többsége valamilyen járványügyhöz kötött. A vizsgálatok elvégzéséhez járványügyi felderítés is szükséges. A rendelkezésre álló információk alapján a laboratórium munkatársai priorizálnak, hogy melyek lehetnek azok a főbb kórokozók, amelyeket vizsgálni kell. A laboratórium csak olyan események során végez vizsgálatokat, amikor az ABV veszélyeztetettség katonai alakulatot érint, más esetekben pedig a civil járványügyi hatóság feladatkörébe tartozik a vizsgálatok elvégzése.

Magyarországi viszonylatban az elmúlt éveket tekintve nem fordult elő ilyen jellegű veszélyeztetettség.

Ez a laboratórium 2 fő részből áll: az egyik a telepíthető konténerek és az ehhez tartozó eszközök, a másik pedig a fix helyi labor.

A telepíthető konténerekkel az adott helyszínre kivonulva gyorsdiagnosztikai vizsgálatot tudnak végezni, aminek a lényege, hogy a különböző fertőző kórokozókat pár órán belül ki tudják mutatni. Emellett a helyszínen képesek elvégezni a szabványokban foglalt módszerekkel való kimutatást, illetve referencia vizsgálatokat is.

A fertőző kórokozók analízisének 3 szintje van, ahogy a 38. ábrán is látható:

38. ábra: Szennyezőanyagok kimutatásának különböző szintjei [Forrás: saját készítés]

1. szint: előzetes vizsgálat, gyorstesztek alkalmazása.

Ezek a vizsgálatok specifikusak, tehát valamiféle identifikálást jelentenek. Általában egy adott kórokozóra lettek létrehozva, tehát bizonyos gyanú esetén ezekkel csak azt lehet megállapítani, hogy az adott mintában egy bizonyos kórokozó jelen van-e vagy sem. Ebben az esetben az adott vizsgálati paraméteren kívül más kórokozó még előfordulhat a mintában, sőt előfordulhat olyan eset is, hogy a keresett kórokozó is jelen van a mintában a negatív eredmény ellenére is, hiszen ezeknek a gyorsteszteknek az érzékenysége nem túl jó.

2. szint: megerősítő vizsgálatok.

Ezen a szinten 2 különböző laboratóriumi gyorsdiagnosztikai módszerrel kell megállapítani, hogy az adott mintában mely kórokozó van jelen. Ezek a gyorsdiagnosztikai módszerek pár órán belül eredményt adnak, mint például a molekuláris módszerek vagy immunkémiai eljárások (például ELISA módszer). Ezek az előzetes gyorsteszteknél jóval érzékenyebbek és specifikusabbak is, de ezek elvégzéséhez már laboratóriumi körülmények és laboratóriumi tapasztalat szükséges.

PCR: a baktérium megadott genetikai anyaga mutatható ki. Nagyon érzékeny (kis mennyiségű minta is elég a kimutatáshoz) és rendkívül specifikus módszer. Ez az eljárás ismeretlen kórokozók azonosítására is alkalmas. Létrehoztak ehhez saját fejlesztésű reagenseket, melyek jóval költséghatékonyabbak, mint a gyári változatok.

Kell keresni az adott módszerrel egyenértékű eljárást, más alapú diagnosztikai módszert, mely nem a genetikai anyag kimutatásán alapszik. Ilyen lehet például immunkémia alapú eljárás, ELISA technológia. Hátránya, hogy a gyári reagensek rendkívül drágák és a lejárati idejük is meglehetősen rövid.

3. szint: referencia módszerek alkalmazása.

Miután a gyorsdiagnosztikai módszerekkel kimutatták az adott kórokozót, ezt az eredményt meg kell erősíteni egy olyan módszerrel, ami az előzőekben említett gyorsdiagnosztikai módszerektől eltérő, általában standardizált módszer. Ez általában baktériumok esetében a tenyésztéses eljárás. Ezeket a vizsgálatokat általában nem telepíthető laborokban végzik, hanem a különböző háttér-, vagy úgynevezett referencia laboratóriumokban. Egyes mikroorganizmusoknál van csak arra lehetőség, hogy a mobil konténerekben elvégezzék a vizsgálatot.

A gyorsdiagnosztikai módszerek baktériumok esetén nem elfogadott referencia módszerek. Ezzel csak tájékoztató eredményt tudunk megadni. Ha gyorsdiagnosztikai módszerrel kiadnak egy eredményt (nem az előzetes, 1. szinten

említett teszttel, hanem például PCR-el) akkor azt az eredményt veszik mérvadónak mindaddig, míg az ellenkezője be nem bizonyosodik a referencia vizsgálattal. A gyorsteszt elvégzése után már meg lehet tenni a szükséges intézkedéseket a kórokozók ártalmatlanítására és a veszélyhelyzet megszüntetésére.

Vízvizsgálatnál alkalmazzák még az IDEXX eljárást, amelynél rövidebb már a kimutatási idő, mint a tenyésztéses módszernél. Ezek is szelektív tápfolyadékok, tehát adott esetben csak 1 mikroba kimutatására alkalmasak. Viszont a megbízhatóságuk magas és még kvantifikálni is lehet velük.[10]

3.4. A vizsgálati módszerek összehasonlítása

A jobb áttekinthetőség érdekében táblázatba foglaltam a módszereket, illetve a vizsgálat során legfontosabb tényezőket, majd ezen paramétereket súlyoztam. A kapott eredményeket a 4. táblázat mutatja.

	Mintafeldolgozás időigénye	Vizsgálati idő	Specifikusság	Kvantitatív meghatározás	Vizsgálat ára
Gyorstesztek	5	5	2	1	4
PCR	5	5	5	1	1
Tenyésztéses eljárás	1	1	4	5	4
IDEXX	5	4	5	5	4

4. táblázat: Vízvizsgálatra alkalmazható mikrobiológiai módszerek különböző szempontok alapján történő súlyozása*[11] [Forrás: a szerző összeállítása a [107][108][116][117][118][119] források alapján]

A különböző gyorstesztek nem igényelnek különösebb minta-előkészítést, a mintából csak pár csepp kell közvetlenül a tesztre, amely elszíneződéssel vagy csíkok megjelenésével mutatja az eredményt. Ezzel azonnali eredményt kapunk, azonban ezek az eljárások csak jelenlét/hiány kimutatására alkalmasak és ezek az eredmények sem teljesen megbízhatóak.

A PCR eljárás szakértelmet kívánó minta-előkészítést igényel, mikroorganizmusok esetében pár óra alatt megkapjuk az eredményt. Bakteriológiai szempontból rendkívül pontos módszerről van szó, ugyanis teljes faji specifikusság érhető el vele, azonban mennyiségi meghatározásra nem igazán alkalmas és meglehetősen drága a módszer. Nagyon gyors és megbízható vizsgálatot tesz lehetővé a real-time PCR módszer alkalmazása, azonban alsó méréshatára kb. 10^3 cfu/g (ml), így önmagában

[10] Interjú Balázs Nagy Ágnessel, a Magyar Honvédség Egészségügyi Központ Mobil Biológiai Laboratórium vezetőjével

[11] *1-5-ig terjedő skálát alkalmaztam, ahol 1 a legrosszabb, 5 pedig a legjobb értékelést jelöli.

nem felel meg a vizsgálattal szemben támasztott követelményeknek. További problémát jelent, hogy a módszerrel az élő és az elpusztult mikrobasejtek nem különíthetők el egymástól. Ezeket a problémákat úgy küszöbölhetjük ki, hogy a PCR vizsgálat előtt valamilyen dúsítási lépést alkalmazunk.[116]

A hagyományos mikrobiológiai módszerek munka- és időigényesek (a minta előkészítése és a vizsgálati idő is hosszú), ezért nem felelnek meg a gyors kimutatás követelményeinek. A többi eljárással szemben olcsóbb és meglehetősen pontos eredményt kapunk.

Az IDEXX módszer esetén egy egyszerű minta-előkészítés után 18-20 óra alatt kapunk eredményt, ami meglehetősen pontos képet mutat a mintában előforduló mikroorganizmusról. Ez azért is fontos tényező, mert így a vízszennyezés okozta károk is rövidebb idő alatt enyhíthetők.[120][121]

3.5. A tenyésztéses és IDEXX módszerek összehasonlítása

Az előzőekben bemutatott, hazánkban vízvizsgálat céljára alkalmazott mikrobiológiai eljárások közül a rendeletben foglalt hagyományos tenyésztéses módszert és az IDEXX eljárást emeltem ki. A szakirodalmi áttekintést követően azért erre a módszerre esett a választásom, mivel a többi eljáráshoz képest lényegesen rövidebb a vizsgálati ideje és a kimutatási határ is magasabb. Számos kutatás foglalkozott már az egyéb vizsgálatokkal, többek között a PCR-ral is, ezért én most a kutatásaimmal egy másik irányt céloztam meg. Az eljárás kiválasztásánál az is fő szempont volt, hogy ezt a módszert a gyakorlatban is tesztelni tudtam, így nem csak a szakirodalmi adatokra kellett támaszkodnom.

A rendszeres vízminősítő vizsgálatokat a rendeletekben meghatározott MSZ szabványokban előírtak alapján kell elvégezni. Ezek a szabványok részletesen tartalmazzák a vizsgálat menetét, az egyes mikroorganizmusok kimutatásához szükséges táptalajt s ezek összetételét, valamint rögzítik az inkubációs időt és a hőfokot is. A kormányrendeletben található tenyésztéses eljárás mellett jelen vizsgálatomban az IDEXX módszert alkalmazom.

A kiválasztott és alkalmazott kétféle mikrobiológiai módszer megfelelő szemléltetése céljából laboratóriumi vizsgálatokat végeztem, melynek az volt a célja, hogy megvizsgáljam, hogy az egyes eljárásokkal milyen eredményeket kapok. Mindehhez 5 db mintát vettem le különböző közkifolyókból, kutakból, illetve csapokból. A mintavételek helyét és idejét az 5. táblázat tartalmazza.

Minta	Mintavétel helye	Mintavétel ideje
1.	Győr, Győri út – közkút	2019.04.08.
2.	Pannon- Víz Zrt. telephely – csap	2019.04.08.
3.	Kisbajcs, Győri út – közkút	2019.04.09.
4.	Győrszentiván, Kör tér – közkút	2019.04.09.
5.	Győr, Stelczer Lajos u. – közkút	2019.04.10.

5. táblázat: Mintavételek helye, ideje [Forrás: saját készítés]

Mindegyik mintából ugyanazokat a paramétereket mutattam ki, tehát a kormányrendeletben meghatározott 5 paramétert, amelyek a következők: telepszám 22°C-on, telepszám 37°C-on, E. coli, Enterococcus és Pseudomonas aeruginosa. Ezen mikrobák számát a tenyésztéses eljárással, illetve az IDEXX módszerrel is meghatároztam. Mindegyik minta esetén 3 párhuzamos vizsgálatot folytattam, ezek átlagát és a hozzájuk tartozó hibák összegét a 6. és 7. táblázat mutatja. A vizsgálatok részletes eredményeit az 1. sz. melléklet tartalmazza.

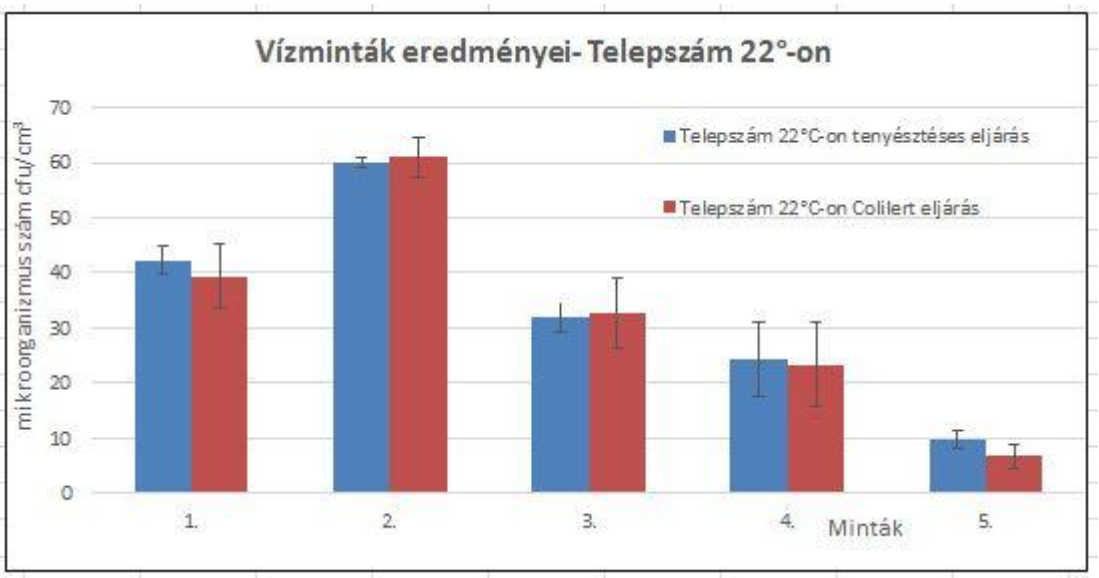
Tenyésztéses eljárás	1. minta	2. minta	3. minta	4. minta	5. minta
Telepszám 22°C-on	42,33	60	32	24,33	9,667
Statisztikus hiba	2,517	1	2,646	6,658	1,528
Telepszám 37°C-on	2,333	10,33	4,667	0,667	3,667
Relatív hiba	0,345	1,528	0,69	0,099	0,542
E.coli	0	0	0	0	0
Enterococcus	0	0	0	0	0
Ps. Aeruginosa	2	4	2	4,667	3
Statisztikus hiba	1	1	1	1,155	1

6. táblázat: Vízminták eredménye tenyésztéses eljárással [Forrás: a szerző összeállítása a saját laboratóriumi vizsgálatok alapján]

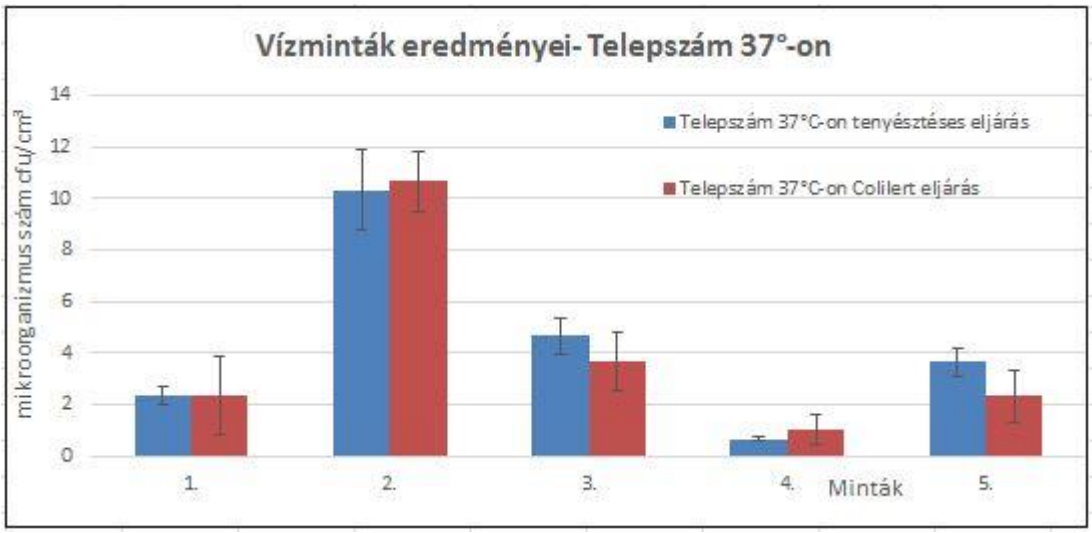
Tenyésztéses eljárás	1. minta	2. minta	3. minta	4. minta	5. minta
Telepszám 22°C-on	39,33	61	32,67	23,33	6,667
Statisztikus hiba	5,859	3,606	6,429	7,638	2,082
Telepszám 37°C-on	2,333	10,67	3,667	1	2,333
Relatív hiba	0,551	2,517	0,865	0,236	0,551
E.coli	0	0	0	0	0
Enterococcus	0	0	0	0	0
Ps. Aeruginosa	2,333	4,333	2,333	2,667	3
Statisztikus hiba	1,528	1,155	1,155	0,577	1

7. táblázat: Vízminták eredménye IDEXX eljárással [Forrás: a szerző összeállítása a saját laboratóriumi vizsgálatok alapján]

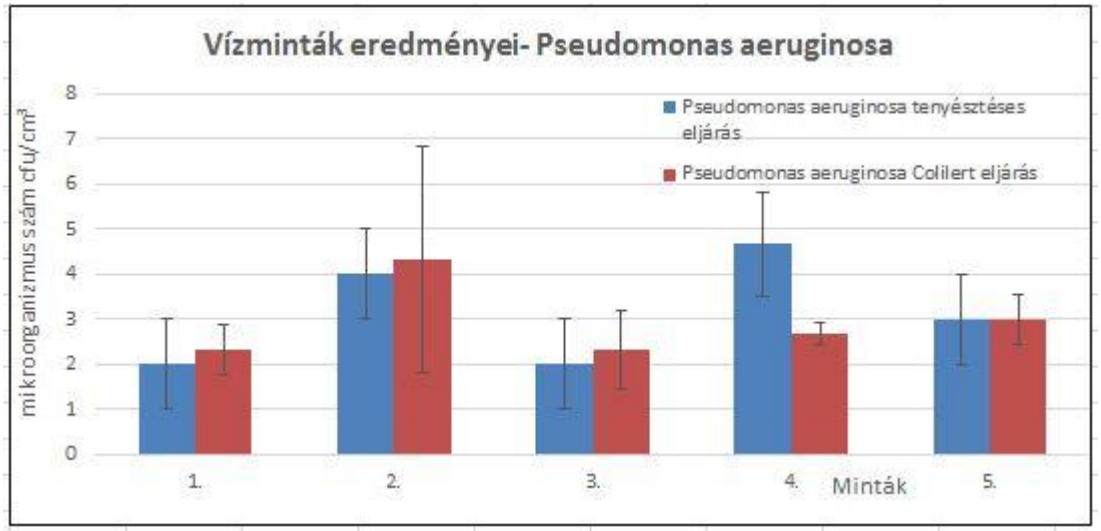
A vízből kimutatandó mikroorganizmusokat mintánként hasonlítottam össze, ezek eredményeit, illetve az eredményekhez tartozó bizonytalanságát a 39. 40. és 41. ábra mutatja be. E. coli és Enterococcus egyik mintában sem volt jelen, ezért ezen mikroorganizmusokhoz nem készítettem diagramot.



39. ábra: Telepszám meghatározása 22°C-on [Forrás: saját készítés]



40. ábra: Telepszám meghatározása 37°C-on [Forrás: saját készítés]



41. ábra: Pseudomonas aeruginosa meghatározása [Forrás: saját készítés]

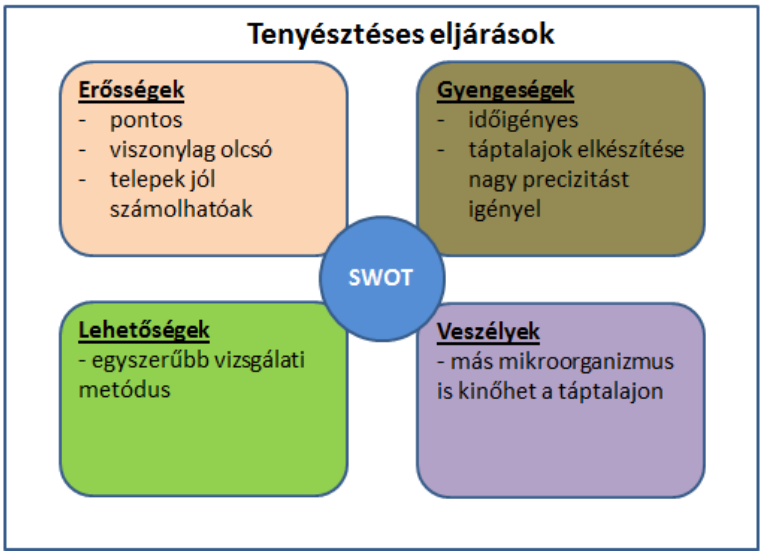
A diagramokról jól leolvasható, hogy a két módszer esetén a mérési adatok jól korrelálnak, az egyes mintáknál hasonló eredményeket kaptunk a két módszerrel elvégzett vizsgálatokat tekintve.

Ezen eredményeket tekintve nem lehet egyértelműen eldönteni, hogy a vízvizsgálat elvégzéséhez melyik módszert alkalmazzuk, így további vizsgálatokat végeztem annak érdekében, hogy bemutassam az egyes módszerek alkalmazhatóságának előnyeit és hátrányait. A saját, illetve szakemberek laboratóriumi tapasztalataira alapozva SWOT analízist végeztem el, melynek célja, hogy bemutassa egy termék életképességét a 4 jellemzőn keresztül, melyek:

- Strengths - erősségek
- Weaknesses - gyengeségek

- Opportunities - lehetőségek
- Threats – veszélyek.

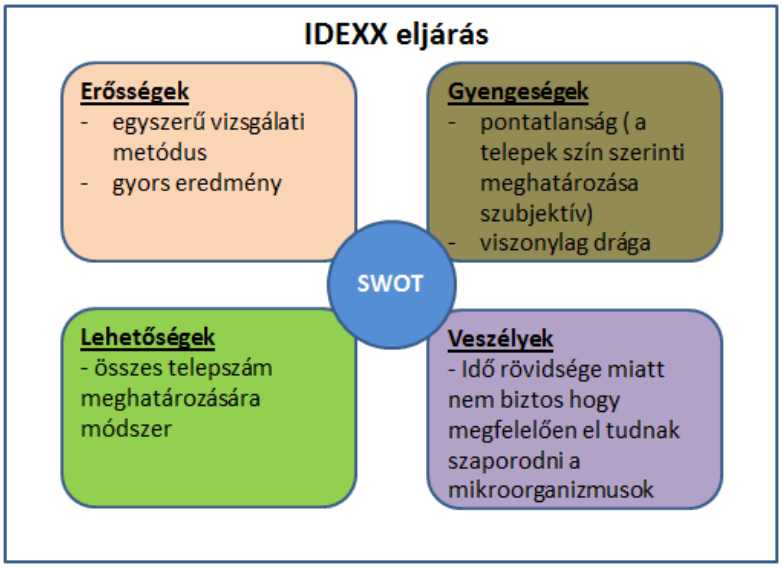
A 42. ábrán a tenyésztéses eljárás tulajdonságait mutatom be a 4 paraméter alapján.



42. ábra: Tenyésztéses eljárások - SWOT elemzés [saját készítés]

Amint azt a 42. ábra is mutatja, a tenyésztéses eljárások egyik előnye, hogy a többi módszerhez képest viszonylag olcsók és a telepszámlálásos módszernek köszönhetően meglehetősen pontos eredményt kapunk. Meg kell említeni azonban azt is, hogy előfordulhat olyan helyzet is, amikor az adott táptalajon kinőtt telepek nem egy mikroorganizmustól származnak, így a telepek megszámolásakor a figyelmetlenségből vagy akár a nagyfokú hasonlóságból adódóan az eredmény megadásakor ezek is beleszámolhatók. Lehetőségként felmerülhet a vizsgálati metódus lerövidítése, hiszen a táptalajokat számos összetevőből, ásványi anyagból és sóból kell kimérni, összeállítani. Számos esetben már elérhetők a gyárilag összemért, előkészített táptalajok, amelyeket csak vízzel kell hígítani. Ez az opció ugyan pár lépéssel lerövidíti a táptalajok előkészítési folyamatát, viszont még ez is időigényes, hiszen a petri csészékbe öntve a folyékony táptalajt, majd a megfelelő hőfokon és meghatározott időn keresztül inkubálva lehet csak felhasználni a vizsgálatokhoz.

A 43. ábrán az IDEXX eljárás paramétererei láthatóak.



43. ábra: IDEXX eljárás - SWOT elemzés [saját készítés]

Az IDEXX eljárás legnagyobb előnye a többi módszerhez képest, hogy mind a minta előkészítése, mind pedig maga az egész vizsgálati metódus gyors, a vízmintába csupán az előre megvásárolt, összeállított ásványi anyagok, sók keverékét kell megadni, majd ezt a keveréket kell beletölteni a tasakokba, lezárni és megfelelő hőmérsékleten inkubálni. Ez az inkubációs idő is lényegesen rövidebb, mint a többi módszernél, ezáltal hamarabb megkapjuk az eredményt is. Az inkubációs idő letelte után a tasakok zsebeinek elszíneződése adja meg az eredményt, amely sok esetben szubjektív: például, hogy mit minősítünk még sárgának és mit nem. Hátrányként lehet megemlíteni, hogy ezen eljárás, illetve a hozzá szükséges eszközök viszonylag magasabb költséggel járnak. Fejlesztési lehetőségként adott egy új eljárás kialakítása, nevezetesen egy olyan, amellyel az összes telepszámot lehet meghatározni, hiszen ez a paraméter is szerepel a kormányrendelet előírásai között.

3.6. Részkövetkeztetések

Kutatómunkám során arra a következtetésre jutottam, hogy a tesztelés előtt részletesen szükséges elemezni azokat a mikrobiológiai vizsgálati módszereket, amelyekkel a vízben előforduló mikroorganizmusokat lehet kimutatni. A hagyományos tenyésztéses eljárásokon kívül szót ejtettem a gyorstesztekről, gyorsdiagnosztikai, PCR eljárásokról, illetve IDEXX módszerekről is. Részletesen áttekintettem a mintavétel, minta-előkészítés folyamatát és a vizsgálati metódusokat is.

A teljesség elérése érdekében vizsgáltam, hogy a katonai erőknél hogyan és milyen módszerrel történik a vizet szennyező anyagok detektálása. Megállapítottam, hogy az egyes vízszennyezések során a védelmi erőknek, ezen belül a katonai szerveknek is rendkívül nagy szerepük van a kontamináció megszüntetésében, csökkentésében és a keletkezett károk felszámolásában. A víz minőségét és a benne előforduló mikroorganizmusokat a megfelelő mintavételezés után laboratóriumban vizsgálják meg. Felvázoltam, hogy milyen módszerek állnak rendelkezésre az egyes kórokozók kimutatására. Megállapítottam, hogy a gyorsdiagnosztikai módszerek eredményét minden esetben meg kell erősíteni a szabvány által előírt eljárással, jelen esetben tenyésztéses módszerrel, mely rendkívül időigényes, az eredmény kiértékelésére több napot is várni kell. Ismertettem a Magyar Honvédségnél alkalmazott vízvizsgálati módszereket, rávilágítva az esetleges hiányosságokra.

Összegyűjtöttem és rendszerbe foglaltam a hazánkban alkalmazott mikrobiológiai vízvizsgálati módszereket, eljárásokat. Ezeket táblázatban jelenítettem meg és különböző gyakorlati tényezőket figyelembe véve egy súlyozási rendszert alakítottam ki, melynek segítségével az egyes helyzetekben megkönnyíthetjük a szakemberek feladatát a módszer kiválasztását illetően.

Az egyes mikrobiológiai vízvizsgálati módszerek összehasonlítása során arra a következtetésre jutottam, hogy az IDEXX módszerek ugyan hazánkban még nem elterjedtek – ennek oka lehet, hogy a többi eljáráshoz képest viszonylag drágák – viszont nagy előnyük a hagyományos tenyésztéses eljárásokkal szemben, hogy lényegesen rövidebb idő alatt kapunk eredményt. Ezekkel az eljárásokkal 1 napon belül kiértékelhetők az eredmények, ezzel jelentős időt nyerve a hagyományos módszerekkel szemben.

Rávilágítottam arra a tényre is, hogy a vízvizsgálatokat előíró szabályzatok hiányosak, nem adják meg a módszerek közötti választási lehetőséget a szakemberek számára. Mindezek tekintetében javaslom, hogy az ivóvíz vizsgálatára vonatkozó jogszabályba építsék bele azt a lehetőséget is, hogy ne csak a tenyésztéses eljárásokat lehessen alkalmazni vízvizsgálatok esetén, hanem más módszert is, jelen esetben az IDEXX különböző módszereit. Ezen módszer gyakorlati alkalmazásának további előnye például a PCR eljáráshoz képest, hogy pontos mennyiségi meghatározást tesz lehetővé, ezáltal a mikrobiológiai szennyezők kezelése és az érintett területek fertőtlenítése is hamarabb megkezdődhet. Ez hozzájárul többek között ahhoz is, hogy a fertőzések további terjedése is mérsékelhető, vagy akár megszüntethető legyen.

4. SAJÁT VIZSGÁLATOK BEMUTATÁSA

Megítélésem szerint kutatásaim attól lesznek eredményesek és hitelesek, ha nemcsak a szakirodalmi áttekintés alapján vonok le következtetéseket, hanem ezekhez kapcsolódóan saját vizsgálatokat is végzek. Ezen vizsgálatok több irányban is folytak, egyrészt kérdőíves felmérést készítettem a hazai ivóvízfogyasztási szokások alakulásáról, másrészt pedig laboratóriumi vizsgálatokat végeztem. Mindezen vizsgálatok meglehetősen sokrétűek, melyeket a következőkben mutatok be. A laboratóriumi vizsgálataimat a Győr-Moson-Sopron Megyei Kormányhivatal Agrárügyi Főosztály Élelmiszerbiztonsági Osztály Mikrobiológiai Laboratóriumában és a Pannon-Víz Regionális Önkormányzati Víziközmű-szolgáltató Zrt. akkreditált laboratóriumában végeztem el.

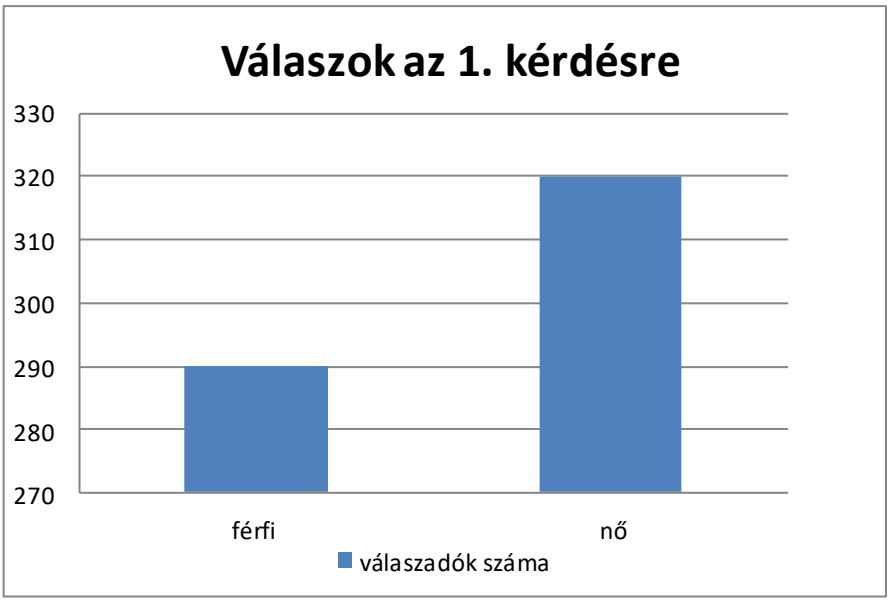
4.1. Hazai vízfogyasztási szokások felmérése

Ahogy arról már az előző fejezetekben szó volt, az ivóvízfogyasztási szokások folyamatosan változnak. Ehhez kapcsolódóan elvégeztem egy saját kérdőíves felmérést is, mellyel az volt a célom, hogy feltérképezzem a hazai ivóvízfogyasztási szokásokat. A válaszadók a kérdőíveket internetes felületen, online formában, anonim módon töltötték ki. A teljes kérdőív a 2. sz. mellékletben található. A felmérésben 610 fő vett részt. Az elemzés során a reális, objektív eredményhez a továbbiakban ezt a 610 főt veszem 100%-nak. A vizsgálathoz szükséges kérdőív összeállításánál a fő szempont az volt, hogy felmérjem, hogy a válaszadók milyen gyakran és milyen mennyiségben fogyasztanak ivóvizet vagy természetes ásványvizet. Az egyes termékek kiválasztásánál milyen főbb szempontokat vesznek figyelembe és melyek azok az ásványvíz márkák, melyeket előnyben részesítenek.

A kérdőíves felmérés értékelése

Az értékelést minden egyes kérdésre adott válaszok esetén külön-külön elvégeztem és a könnyebb érthetőség kedvéért az adatokat diagramon jelenítettem meg.

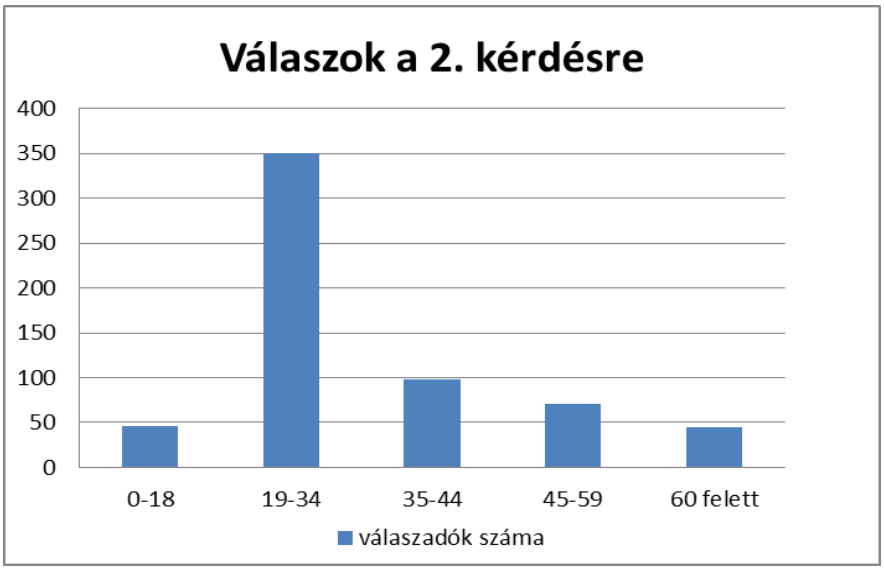
1. Az Ön neme?



44. ábra: Az 1. kérdésre adott válaszok száma [Forrás: saját készítés]

Az elemzésből látszik, hogy a válaszadók közül 320 fő nő, míg 290 fő férfi.

2. Az Ön életkora?

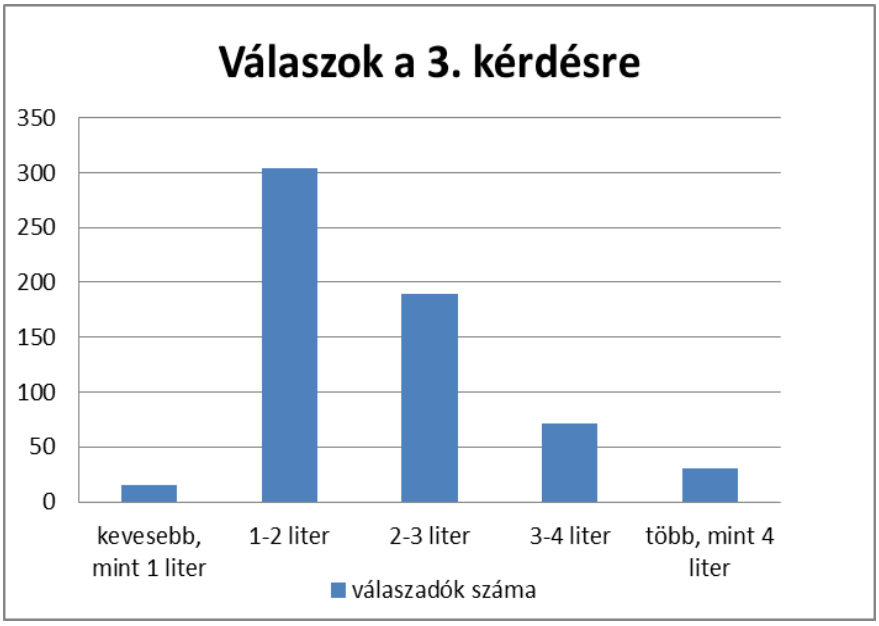


45. ábra: A 2. kérdésre adott válaszok száma [Forrás: saját készítés]

Az elemzésből kitűnik, hogy a válaszadók közül az életkort tekintve a legtöbben, 350 fő a 19-34-es korcsoportba tartoznak, ezt követi 98 fővel a 35-44 év, majd 71 fővel a 45-59 év, 46 fővel a 0-18 év, míg 45 fővel a 60 év feletti korcsoport. Az első két kérdés meglétét azért tartottam fontosnak a kérdőív elkészítése során, mert feltételeztem, hogy bizonyos eltéréseket tapasztalok majd kortól, illetve nemtől

függően. A kitöltött kérdőívek elemzése során azonban azt tapasztaltam, hogy ezeket a paramétereket tekintve nincs nagy különbség, így az eredmények megadása során az összesített értékeket tüntetem fel és nem jelenítem meg külön a nem és kor szerinti felbontást.

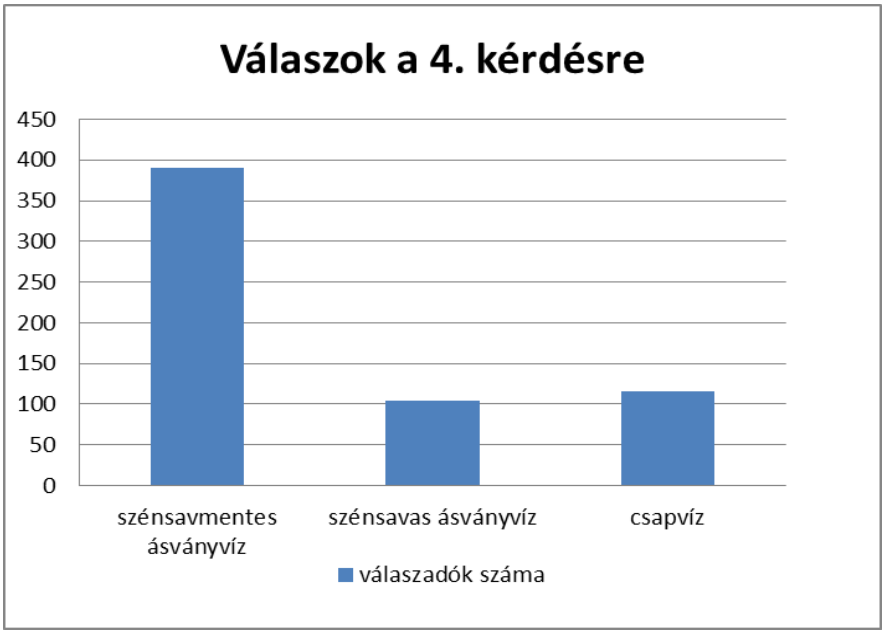
3. Mennyi vizet (csapvíz, ásványvíz, szódavíz) fogyaszt átlagosan egy nap?



46. ábra: A 3. kérdésre adott válaszok száma [Forrás: saját készítés]

Az elemzésből látható, hogy a válaszadók közel fele, pontosan 304 fő fogyaszt naponta 1-2 liter vizet, míg 190 fő napi 2-3 litert iszik meg. Ezt a két kategóriát összeadva megállapítható, hogy a válaszadók döntő többsége megfelelő mennyiségű vizet fogyaszt naponta. 71 ember nyilatkozott úgy, hogy naponta 3-4 liter vizet, míg 30 fő állítása szerint több, mint 4 liter vizet iszik meg egy nap. Elenyésző számú válasz, 15 db érkezett arra, hogy napi szinten kevesebb, mint egy liter vizet fogyaszt. Ezekhez az adatokhoz az is hozzátartozik, hogy jelen kérdés csak a vízfogyasztásra terjedt ki, mely magába foglalja a csapvíz, ásványvíz és szódavíz termékcsoportokat, azonban a többi szomjoltóra, nevezetesen üdítőitalok, gyümölcslevek, teák, stb. nem terjedt ki ez a felmérés.

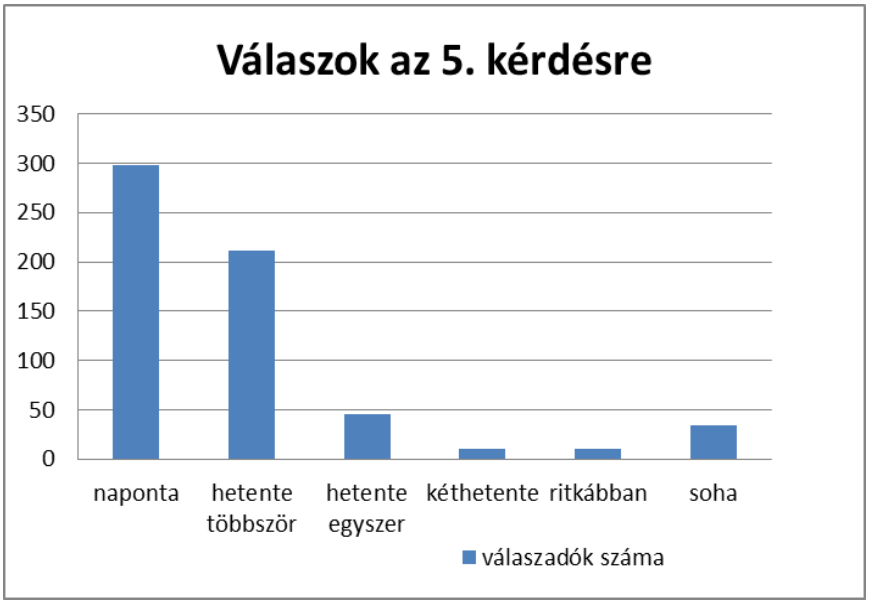
4. Az alábbiak közül melyiket részesíti előnyben?



47. ábra: A 4. kérdésre adott válaszok száma [Forrás: saját készítés]

Az elemzésől kitűnik, hogy a GFK statisztikai elemzésével[122] összhangban a válaszadók legnagyobb része, nevezetesen 390 fő a felsorolt 3 kategóriából a szénsavmentes ásványvizet részesíti előnyben a szénsavas ásványvízzel, illetve a csapvízzel szemben. A válaszadók kb. 19%-a nyilatkozta azt, hogy ha van rá lehetőség, akkor inkább a csapvizet preferálja az ásványvízzel szemben. Ez az arány természetesen változhat az ország különböző pontjain, ugyanis számos tényező befolyásolhatja az emberek ivóvízfogyasztását. Ide tartozik többek között az is, hogy egy adott településen milyen minőségű a csapvíz, előfordulnak-e különböző jellegű, akár esztétikai elváltozások (például: klóros íz, szag, üledékképződés, stb.), amely miatt a fogyasztó inkább a palackozott ásványvízhez nyúl a csapvíz helyett.

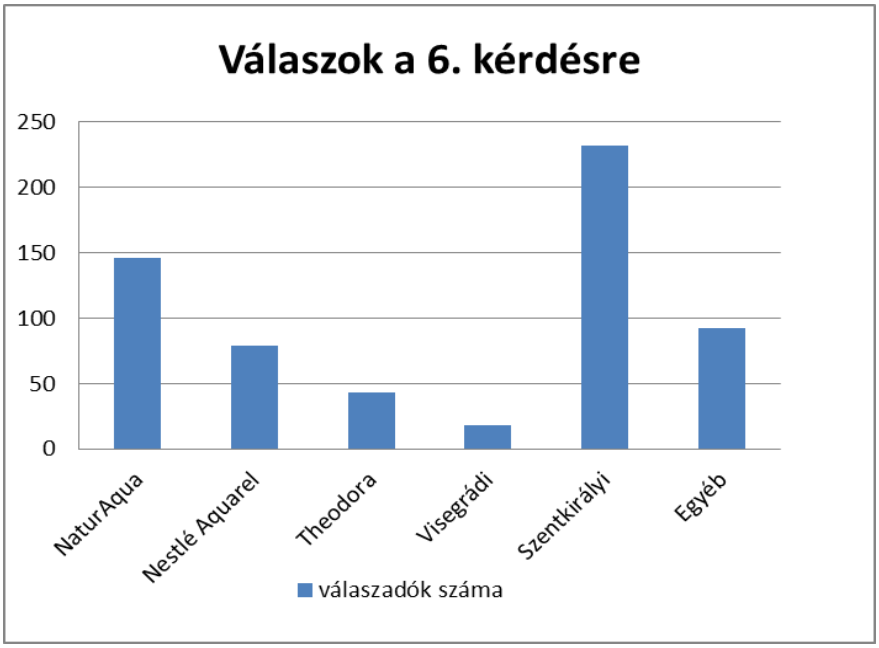
5. Milyen gyakorisággal fogyaszt Ön ásványvizet?



48. ábra: Az 5. kérdésre adott válaszok száma [Forrás: saját készítés]

Az elemzésből kitűnik, hogy a válaszadók közel fele, 298 fő nyilatkozta azt, hogy napi gyakorisággal fogyaszt ásványvizet. 212 fő hetente többször, 45 fő pedig hetente egyszer fogyaszt ásványvizet. A válaszadók fennmaradó része kéthetente (10 fő), ritkábban (11 fő) vagy pedig soha (34 fő) nem fogyaszt palackozott ásványvizet.

6. Kérem, jelölje meg az Ön által legkedveltebb ásványvízmárkát!



49. ábra: A 6. kérdésre adott válaszok száma [Forrás: saját készítés]

Az elemzésből látszik, hogy melyek hazánkban a legkedveltebb ásványvíz márkák. 232 fő a Szentkirályi ásványvizet nevezte meg abszolút kedvencnek. A második helyen a NaturAqua áll 146 szavazattal, a képzeletbeli dobogó 3. fokára pedig a Nestlé Aquarel léphet fel 79 fő válasza alapján. A népszerű márkák közé tartozik még a Theodora (43 fő) és a Visegrádi ásványvíz is (18 fő). Ezen eredmények alapján párhuzam állítható fel a Medián Közvélemény- és Piackutató Intézet 2007-es felmérésével, ahol a magyar lakosság körében a 6 legkedveltebb ásványvíz márkák közé tartozott a Szentkirályi, a Margitszigeti kristályvíz, a Theodora, a NaturAqua, az Apenta és a Balfi.[123]

7. Milyen tényezők befolyásolják Önt az ásványvíz kiválasztásánál? (Kérem, maximum hármat jelöljön meg)

50. ábra: A 7. kérdésre adott válaszok száma [Forrás: saját készítés]

Az elemzésből megállapítható, hogy a kérdőívet kitöltők ásványvíz vásárlása során döntő többségben a termék íze a mérvadó. Ezt a tényezőt 607 esetben jelölték meg. Emellett fontos szempont még a termék fogyasztói ára (289 db válasz) és a termék márkaneve (192 db válasz) is fontos szerepet játszik a döntési folyamatban. Ennél a kérdésnél nem a válaszadók számát tüntettem fel, hanem a válaszok darabszámát, hiszen egy kitöltő akár 3 választ is megjelölhetett, ezáltal a válaszok száma több, mint a kitöltők száma.

4.2. Palackozott ásványvizek mikrobiológiai vizsgálata

Kutatásaim másik iránya a laboratóriumban elvégzett mikrobiológiai vizsgálatok. Mivel az ivóvízfogyasztáshoz hozzátartozik az ásványvízfogyasztás is, továbbá ahogy a kérdőíves felmérésből is kiderült, egyre inkább átveszi a vezető szerepet a csapvízzel szemben, ezért a felméréshez kapcsolódóan megvizsgáltam a kereskedelmi forgalomból származó palackozott szénsavas és szénsavmentes ásványvizek mikrobiológiai állapotát is. Az ehhez tartozó vizsgálatokat akkreditált laboratóriumban végeztem el. A mérések során a természetes ásványvíz, a forrásvíz, az ivóvíz, az ásványi anyaggal dúsított ivóvíz és az ízesített víz palackozásának és forgalomba hozatalának szabályairól szóló 65/2004 (IV.27.) FVM-ESzCsM-GKM együttes rendelet által előírt paramétereket vizsgáltam, melyek eredményeit a 8. táblázatban tüntettem fel. Az eredmények megadásánál a termékek nevét az esetleges jogi problémák elkerülése érdekében nem tüntettem fel.

Vizsgálati paraméter	Nem megfelelő	
	Szénsavas ásványvíz (n=20)	Szénsavmentes ásványvíz (n=20)
Aerob telepszám 22°C-on	3	13
Aerob telepszám 37°C-on	2	11
Coliform baktériumok	0	0
Esherichia coli	0	0
Enterococcus spp.	0	3
Pseudomonas aeruginosa	2	5
Mezofil szulfitredukáló Clostridiumok	0	0
Összesen (db)	3	13
Összesen (%)	15	65

8. táblázat: Kifogásolt bakteriológiai minőségű palackozott ásványvíz minták száma (db) termékcsoportonként [Forrás: a szerző összeállítása saját laboratóriumi vizsgálatok eredményei alapján]

A vizsgálati eredmények értékelése

Az eredményekből látszik, hogy összességében a 40 mintát tekintve az összcsíraszámot nézve meglehetősen kedvezőtlen képet kaptam. A 8. táblázat szerint 16 esetben fordult elő, hogy a pszichrofil aerob telepszám meghaladta a megengedett határértéket (amely jelen esetben 0), ugyanez a mezofil aerob telepszámról 13 esetben volt elmondható. Pseudomonas aeruginosa 7 esetben, míg az Enterococcusok jelenléte 3-szor járult hozzá az ásványvizek nem megfelelő, kifogásolható bakteriológiai minőségéhez. A mikrobiológiai

paraméterek alapján kifogásolt minták összesített száma azért mutat különbözőséget az egyes vizsgálati irányoknál feltüntetett értékek összegével, mert előfordultak olyan minták is, ahol több paraméter is kifogás alá esett.

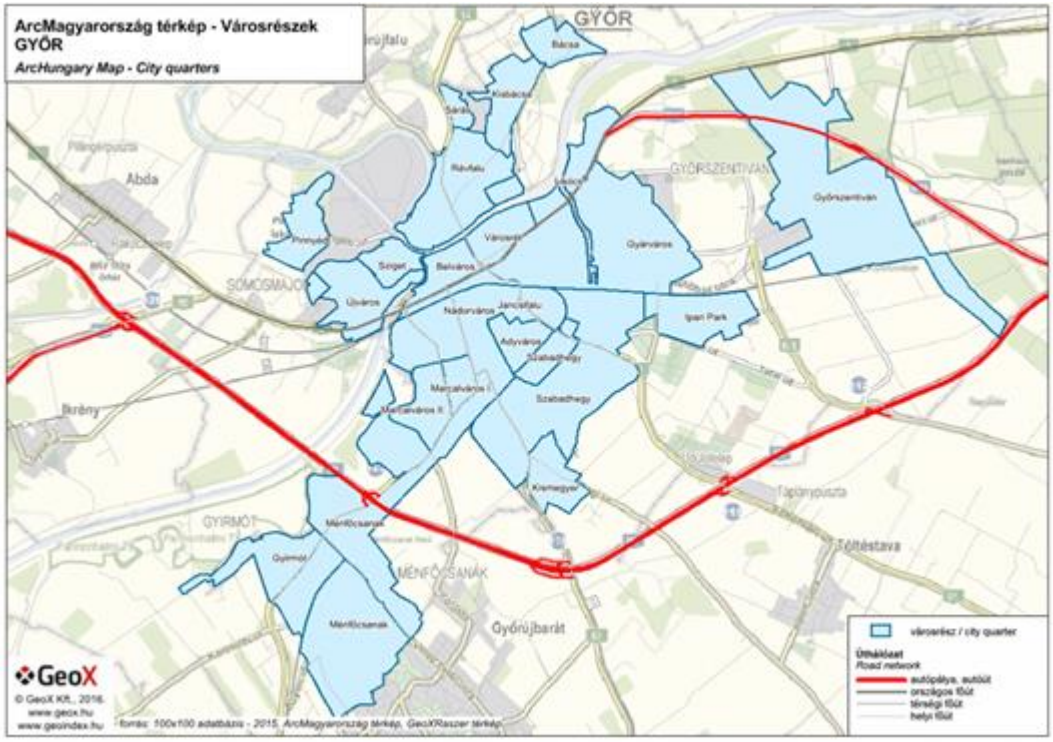
A megvizsgált 20 db szénsavmentes ásványvíz mintából 13 db, azaz 65% nem tett eleget a hatályos rendeletben foglaltaknak. Ugyanakkor fontos azt is kihangsúlyozni, hogy E. coli, Coliform és szulfitredukáló anaerob spórások a vizsgált szénsavmentes ásványvizekben nem voltak jelen. A vizsgálat alá vont szénsavas ásványvizek bakteriológiai állapota nagyságrendekkel jobb volt, mint a szénsavmentes társaiké. A széndioxiddal dúsított vizek esetén az aerob telepszámra vonatkozó előírásoknak csupán 3 minta nem felelt meg. Ezen kívül ennél a termékcsoportnál még 2 esetben volt P. aeruginosa kimutatható. Összességében megállapítható, hogy a szénsavmentes ásványvizek 65%-a, a szénsavas vizek 15%-a valamilyen mikrobiológiai kifogás alá esett. Kiemelendő, hogy a kifogásolt minták nem megfelelőségét elsősorban a magas telepszám okozta. Az is egyértelműen kitűnik a táblázatból, hogy a telepszám túlzott mértékű megnövekedése jellemzően a szénsavmentes ásványvizeknél fordult elő. A szénsavas ásványvizek e tekintetben jobb eredménnyel zárták a felmérést.[71] Ez az eredmény azzal a ténnyel magyarázható, hogy a baktériumok a szénsav által létrehozott alacsony pH értékű közeget kevésbé tolerálják.[45]

Végeztek olyan vizsgálatokat is, melyek arra irányultak, hogy a szénsavmentes ásványvizek mikrobiológiai állapota hogyan változott a tárolási időszak alatt. Ez alapján a mikroorganizmusok száma jelentősen megemelkedett az 1-3 hetes raktározás során, akár a 10^4-10^5 TKE/cm^3 [12] értéket is elérték. Kereskedelmi forgalomból származó természetes szénsavmentes ásványvizeket gyűjtöttek össze, majd a mintákat megvizsgálták és azonosították a vízben lévő különböző fajokat. A palackozás korai szakaszában még alacsony volt a mikrobaszám, majd a tárolás során fokozatosan növekedett.[124]

[12] TKE: telepképző egység 1 cm^3 mintára vonatkoztatva

4.3. Győr ivóvíz vizsgálata - 2018

Annak érdekében, hogy megvizsgáljam a Győr területén lévő ivóvizek mikrobiológiai állapotát, a különböző városrészekről mintákat vettem.



51. ábra: Győr városrészei[125]

Győr város ivóvízminőségének ellenőrzése érdekében 2018 januárjától 2018 novemberéig rendszeres időközönként, az ábrán feltüntetett városrészeken kijelölt mintavételi helyekről levett minták mikrobiológiai vizsgálati eredményeit mutatom be és elemzem. A vizsgált időszakban összesen 165 db mintát vettünk le a Pannon-Víz Zrt. munkatársaival, amelyből 561 db bakteriológiai vizsgálatot végeztünk el. A vízminták területi eloszlását a 9. táblázat mutatja.

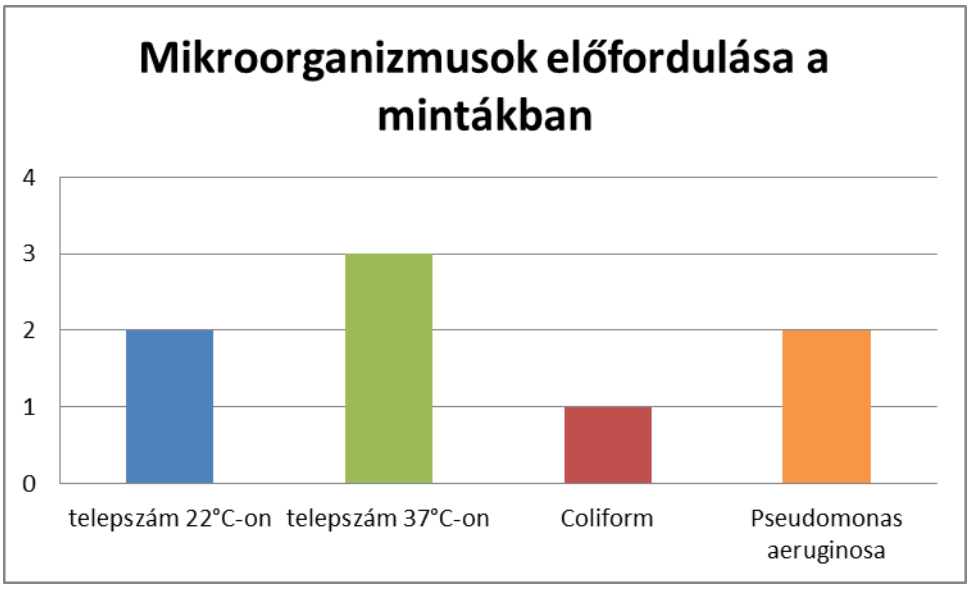
Városrészek	Minták száma (db)	Bakterológiai vizsgálatok száma (db)	„A" pont szerint kifogásolt minták száma (db)	„C" pont szerint kifogásolt minták száma (db)
Adyváros	9	27	0	0
Bácsa	7	27	0	0
Belváros	11	31	0	1
Gyárváros	7	27	0	0
Gyirmót	6	26	0	0
Győrszentiván	9	28	0	2
Jancsifalu	7	24	0	0
Kisbácsa	5	25	0	0
Kismegyer	5	25	0	0
Likócs	6	24	0	0
Marcalváros I.	7	26	0	0
Marcalváros II.	7	23	0	1
Ménfőcsanak	12	35	0	0
Nádorváros	11	36	0	0
Pinnyéd	8	23	0	0
Révfalu	12	31	0	1
Sárás	8	27	0	0
Szabadhegy	7	25	0	0
Sziget	10	33	0	1
Újváros	11	38	0	0
Összesen:	**165**	**561**	**0**	**6**

9. táblázat: Győr területén levett minták száma városrészenként [Forrás: a szerző összeállítása a Pannon-Víz Zrt. adatai alapján]

A 201/2001. (X. 25.) Kormányrendelet 1. számú mellékletének „A" pontja alapján a mikrobiológiai vízminőségi jellemzőkhöz tartozik többek között az E. coli, az Entorococcusok, a Pseudomonas aeruginosa, valamint a 22°C-on és 37°C-on meghatározott telepszám. Az „A" pont szerint kifogásolt a minta, ha nem megfelelő minőségű a víz, különféle mikroorganizmusokat, az emberi egészséget veszélyeztető anyagokat tartalmaz. A rendelet „C" pontja az indikátor vízminőségi jellemzőket tartalmazza, mint például Clostridium perfringens, Pseudomonas aeruginosa, Coliform baktériumok, összcsíra, pH, vas és mangán tartalom, szín, íz, zavarosság. Ezeknek elsősorban ellenőrzési szerepük van, tehát az ilyen víz az emberi egészséget veszélyeztető anyagot nem tartalmaz, közvetlen közegészségügyi veszélyt nem jelent, de előfordulhatnak benne a vízfelhasználást zavaró (például esztétikai vagy egyéb panaszt okozó) anyagok, illetve szennyezettség jelző, úgynevezett indikátor baktériumok is.

Az eredmények értékelése

Az adott időszakban levett és megvizsgált minták eredményeiből látszik, hogy a 2018-as évben nem volt az „A” pont alapján kifogásolt minta, tehát nem volt jelen például E. coli a vízben, mely az emberi egészséget veszélyeztetné. A kifogásolás alá eső mintákban előforduló mikroorganizmusokat az 52. ábra mutatja.



52. ábra: Kifogásolt mintákban előforduló mikroorganizmusok [Forrás: a szerző összeállítása a Pannon-Víz Zrt. adatai alapján]

A nem megfelelőség hátterében leggyakrabban a magas telepszám (ezen belül 2 esetben a 22°C-on, míg 3 esetben a 37°C-on meghatározott) Coliform 1 esetben, illetve Pseudomonas aeruginosa jelenléte 2 esetben állt. A vizsgálat alá vont 1 év adatait figyelembe véve megállapítható, hogy az adott időszakban levett mintaszámhoz, illetve az elvégzett mikrobiológiai vizsgálatok számához képest elenyésző esetben fordult elő probléma az ivóvízzel.[126] Az ábrán feltüntetett kifogások esetén 8 esetben fordult elő különféle mikroorganizmus a mintákban, azonban volt olyan minta, ahol nem csak 1 tényező haladta meg a rendeletben előírt határértéket. Így összességében kijelenthető, hogy 6 db vízminta esett kifogás alá a vizsgálat során.

4.4. Győr ivóvíz vizsgálata 2013-2017 között

Egy másik vizsgálatomban a Győr város területén rendszeres időközönként, kijelölt mintavételi helyekről levett vízminták mikrobiológiai eredményeit mutatom be a 2013 januárjától 2017 márciusáig terjedő időszakban.

A 2017-es évben levett vízminták laboratóriumi vizsgálatánál én is részt vettem és ezeket az eredményeket hasonlítom össze, illetve elemzem a korábbi évek eredményeivel összhangban. A vizsgálat alá vont időszakban, tehát közel 4 év alatt összesen 768 db mintát vettek le a Pannon-Víz Zrt. munkatársai, amelyből 2643 db bakteriológiai vizsgálatot végeztek el. A megvizsgált mintákat városrészenkénti bontásban tüntettem fel a 10. táblázatban.

Ahogy már az előző vizsgálatnál kifejtettem, a 201/2001. (X. 25.) Kormányrendelet 1. számú mellékletének „A" pontjához tartoznak a mikrobiológiai vízminőségi jellemzők, a „C" ponthoz pedig az indikátor vízminőségi jellemzők.

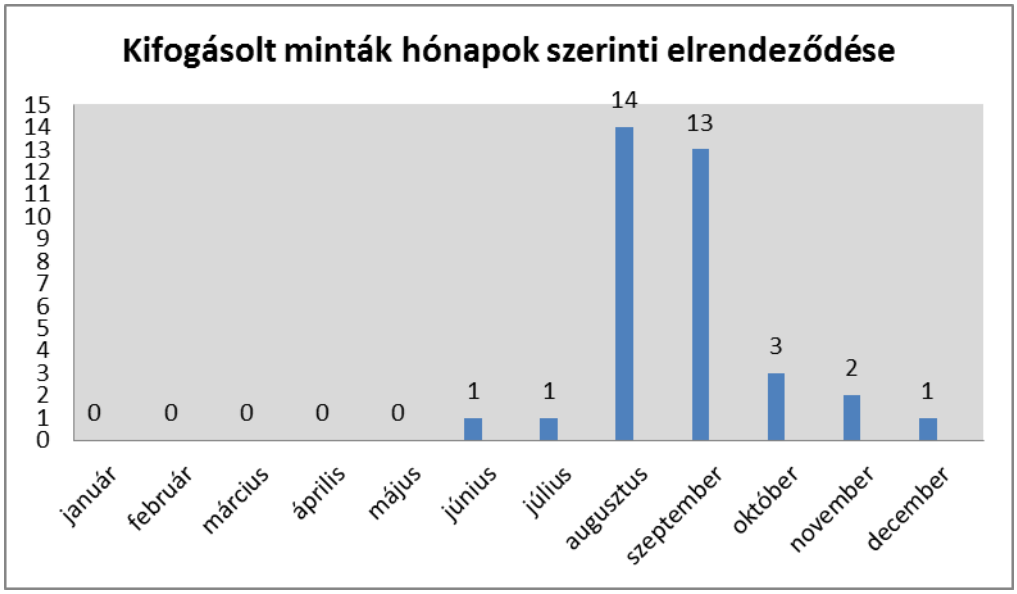
Városrészek	Minták száma (db)	Bakterológiai vizsgálatok száma (db)	„A" pont szerint kifogásolt minták száma (db)	„C" pont szerint kifogásolt minták száma (db)
Adyváros	46	148	1	2
Bácsa	33	110	0	0
Belváros	49	154	0	1
Gyárváros	32	112	0	3
Gyirmót	28	98	0	1
Győrszentiván	66	226	0	2
Jancsifalu	29	95	1	1
Kisbácsa	26	86	0	2
Kismegyer	27	88	0	0
Likócs	27	87	0	0
Marcalváros I.	27	89	0	1
Marcalváros II.	27	84	0	1
Ménfőcsanak	25	82	0	2
Nádorváros	48	160	0	2
Pinnyéd	28	97	1	2
Révfalu	73	295	0	2
Sárás	33	99	0	1
Szabadhegy	30	111	0	2
Sziget	73	233	0	4
Újváros	44	189	0	1
Összesen:	**768**	**2643**	**3**	**30**

10. táblázat: Városrészenkénti minták száma [Forrás: a szerző összeállítása a Pannon-Víz Zrt. adatai alapján]

Eredmények értékelése

A laboratóriumi körülmények között megvizsgált vízmintákból kiderül, hogy az „A” pont alapján csupán 3 esetben volt kifogásolás a vizsgált időszakon belül, ezt a problémát E. coli és Enterococcus jelenléte okozta. A többi, „C” pont alapján kifogásolt nem megfelelő minták hátterében túlnyomó többségben a megemelkedett Coliform szám állt, ezt követte a magas telepszám, illetve 2 esetben a Pseudomonas aeruginosa jelenléte váltotta ki a problémát. A 4 év adatait figyelembe véve megállapítható, hogy a vizsgálati időszak alatt levett mintaszámhoz, illetve az ezekből elvégzett mikrobiológiai vizsgálatokhoz képest elenyésző esetben volt mikroorganizmusok általi szaporodásból eredő probléma az ivóvízzel.

A mintavételek időpontjáról általánosságban elmondható, hogy az egyes városrészeken nagyjából havi rendszerességű. A rendelet alapján kifogásolt mintákat megvizsgálva kijelenthető, hogy 82%-uk az augusztustól szeptemberig terjedő időszakban volt megfigyelhető, amikor a vízhőmérséklet már 16°C fölé emelkedett (53. ábra).

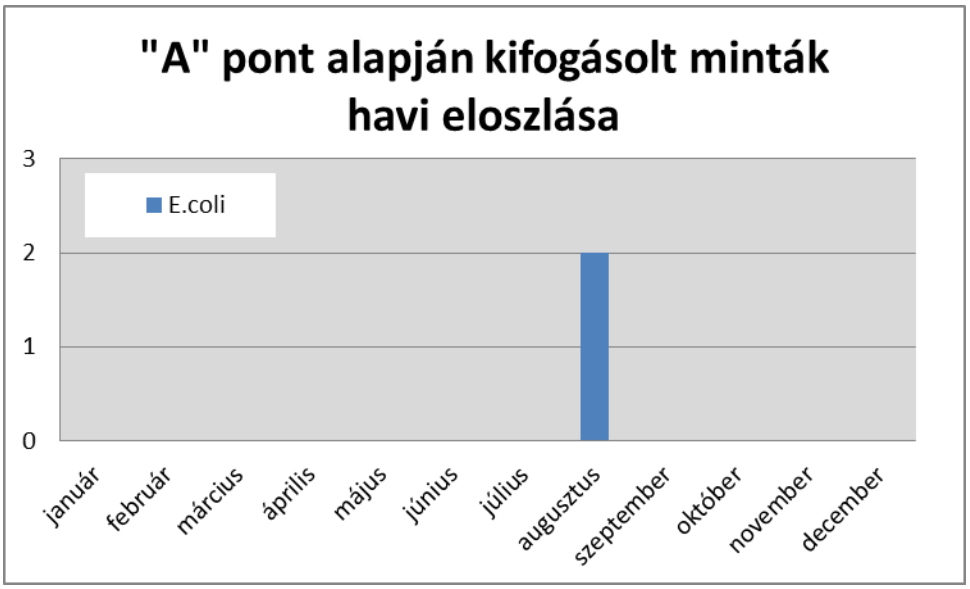


53. ábra: Kifogásolt minták hónapok szerinti elrendeződése [Forrás: a szerző összeállítása a Pannon-Víz Zrt. adatai alapján]

A mintavétel idején megmért vízhőmérséklet és a kifogásolt minták száma között összefüggés mutatható ki, ugyanis a 16-25°C közötti vízhőmérséklet tartományban fordultak elő a nem megfelelő eredmények. Itt felmerülhet az a kérdés, hogy miért nem a legmelegebb nyári hónapokban volt a legtöbb kifogásolható vízminta. Ez azzal a ténnyel magyarázható, hogy a nyári időszakban ugyan felmelegszenek a

vizek is, viszont a csőhálózatokban ez a folyamat lassabban zajlik le, ez által idő kell ahhoz, amíg a megemelkedett hőmérsékletű víz elér a közkifolyókhoz, s így 1-2 hónapos csúszást tapasztalhatunk.

A jobb áttekinthetőség érdekében mikroorganizmusonként, illetve a rendelet pontjai alapján külön is értékelem a kifogásolt minták havi eloszlását. Az 54. és 55. ábrán a rendelet „A” pontja alapján kifogásolt mikrobákat jelenítem meg havi bontásban.



54. ábra: E. coli jelenléte havi bontásban [Forrás: a szerző összeállítása a Pannon-Víz Zrt. adatai alapján[

55. ábra: Enterococcus jelenléte havi bontásban [Forrás: a szerző összeállítása a Pannon-Víz Zrt. adatai alapján]

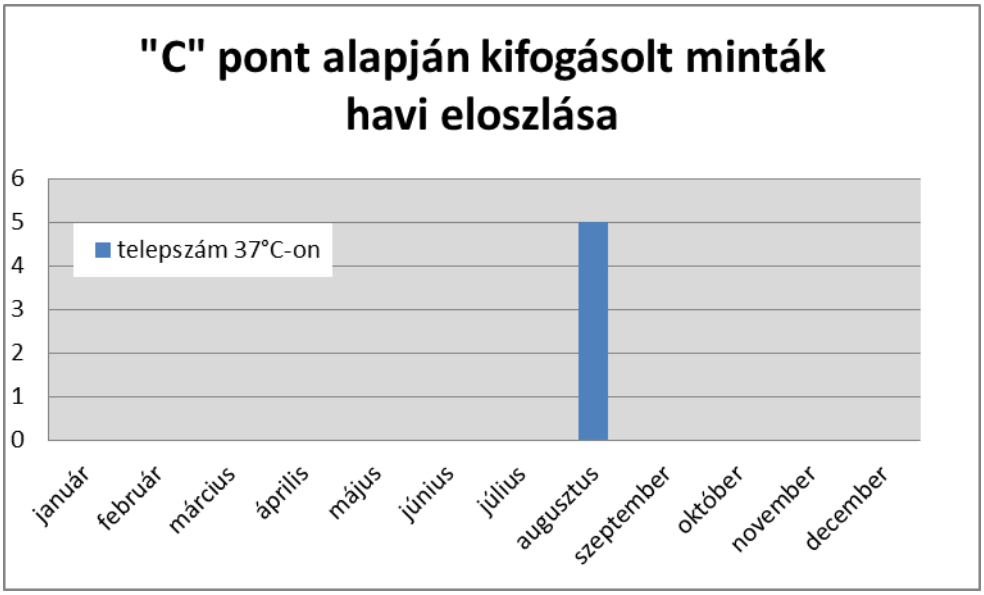
A vizsgált időszakban a vízminták csupán 3 esetben estek kifogás alá a rendelet „A” pontja alapján. 2 esetben E. coli, 1 esetben pedig Enterococcus okozta a nem

megfelelőséget. Mind a kettő mikroorganizmus esetén kijelenthető, hogy a probléma a nyári időszakban, nevezetesen augusztus hónapban következett be.

A következő ábrákon a rendelet „C” pontja alapján kifogásolt mintákat tüntetem fel mikroorganizmusonként, hónapokra lebontva. Az 56. ábrán látszik, hogy a 22°C-on vizsgált telepszám esetén a vizsgálat alá vont 4 évben összesen 9 alkalommal volt határérték túllépés. A kifogásolt minták időbeli eloszlását tekintve kijelenthető, hogy az év második felében, az augusztustól decemberig terjedő időszakban fordultak elő a nem megfelelő vízminták.

56. ábra: 22°C-on mért telepszám havi bontásban [Forrás: a szerző összeállítása a Pannon-Víz Zrt. adatai alapján]

A 37°C-on megvizsgált telepszám esetén a vizsgált időszakban 5 alkalommal fordult elő nem megfelelőség, mindegyik augusztus hónapban.

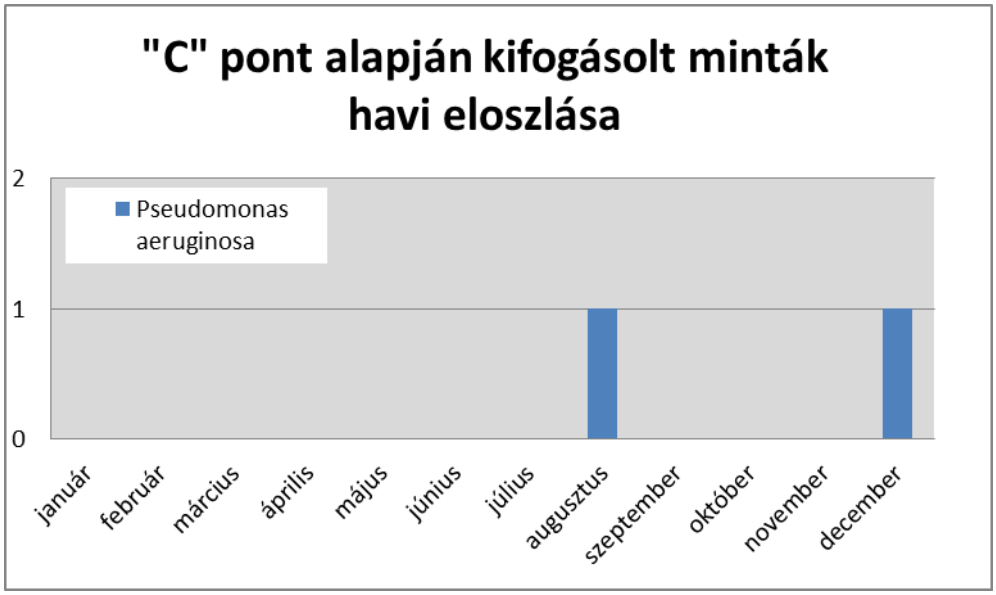


57. ábra: 37°C-on mért telepszám havi bontásban [Forrás: a szerző összeállítása a Pannon-Víz Zrt. adatai alapján]

A rendelet „C” pontjába tartozik még a Coliform is, ennek havi eloszlását az 58. ábrán láthatjuk. A Coliform időbeli eloszlását tekintve a többi mikroorganizmushoz hasonló az elrendeződés, ugyanis a júniustól decemberig terjedő intervallumban fordul elő.

58. ábra: Coliform jelenléte havi bontásban [Forrás: a szerző összeállítása a Pannon-Víz Zrt. adatai alapján]

A Pseudomonas aeruginosat csupán 2 alkalommal mutattunk ki a vizsgált mintákból. Az egyik augusztusban, a másik pedig decemberben fordult elő.

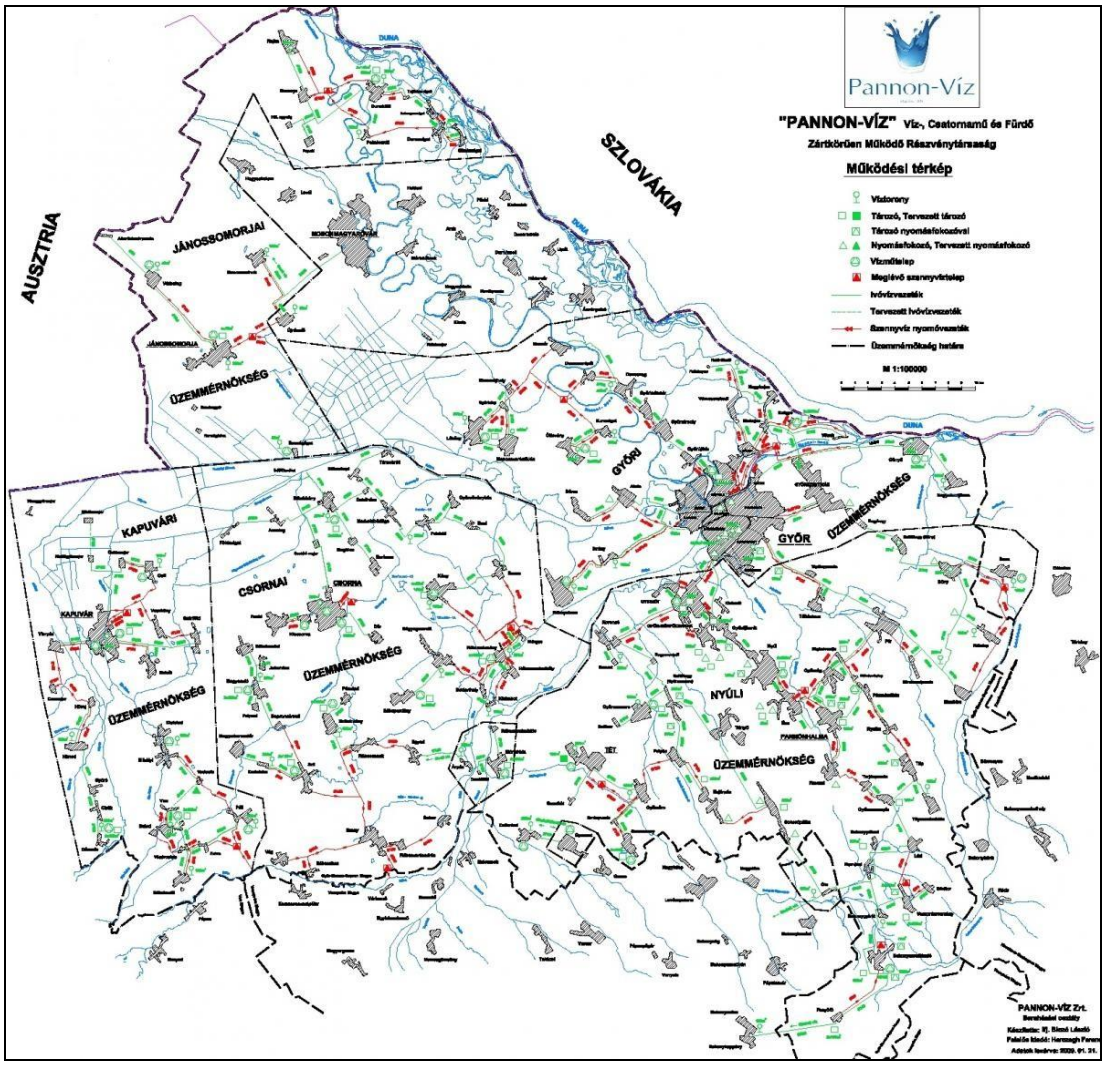


59. ábra: Pseudomonas aeruginosa jelenléte havi bontásban [Forrás: a szerző összeállítása a Pannon-Víz Zrt. adatai alapján]

A mintavétel idején megmértük a fajlagos vezetőképességet is, de nem találtunk összefüggést a kifogásolt minták és ezen értékek között. Az azonban elmondható, hogy a fajlagos vezetőképesség inkább a területi elhelyezkedéssel áll összefüggésben, hiszen az egyes városrészek között nagyságrendi különbségek vannak a kifogásolt mintákat illetően. Ezek alapján kijelenthető, hogy a fajlagos vezetőképesség értékeiből nem tudunk következtetéseket levonni az esetlegesen előforduló mikrobiológiai hibákra, illetve a rendelet alapján nem megfelelőnek minősített minták számára.[127]

4.5. Mikrobiológiai szempontú vízminőség meghatározása a Pannon-Víz Zrt. működési területén

Ezen vizsgálat alkalmával szintén a mikrobiológiai vízminőséget mértem fel a Pannon-Víz Zrt. működési területén, mely a Kisalföld és a Bakonyalja térségében lévő közel 122 településre terjed ki, ahol megközelítőleg 300 ezer fogyasztónak nyújtanak folyamatos víziközmű-szolgáltatást. Területi elhelyezkedést tekintve négy egységre tagozódnak: Győri-, Nyúli-, Csornai és Kapuvári- üzemmérnökségekre, melyeket térképen illusztrálva a 60. ábrán láthatunk.



60. ábra: Pannon-Víz Zrt. működési területe[128]

Győr város különböző területeinek ivóvízellátását a város területén található két vízműtelep, illetve víztornyok biztosítják. Az egyik vízmű Győr-Révfaluban található, amely Győr északi mezsgyéjén, a szigetközi főútvonal mellett fekszik. Jelenleg 16 db parti szűrésű kutat üzemeltetnek a vízműtelep védőterületén belül, a napi kapacitás pedig 25 ezer m^3. A másik vízműtelep Szőgyén található, ez Győr déli és keleti kerületeinek, valamint az agglomeráció egy részének biztosítja a megfelelő minőségű ivóvizet. Ez a vízmű Győrtől 12 km-re északra, a Duna jobb partján, Kisbajcs-Szőgye településen található. A kutakból származó víz minősége – a vas és mangántartalom kivételével – megfelel az ivóvízzel szemben támasztott szigorú követelményeknek. A víztisztítás során nincs szükség különféle fertőtlenítőszerekre, például klórra, ugyanis jelen helyzetben ezt vegyszermentes eljárással, levegőztetéssel és szűrésessel oldják meg.

Mind a két vízműtelep, tehát a révfalusi és a szőgyei is folyópart mentén létesített kutakból ún. parti szűréses eljárással nyerik az ivóvizet. A parti szűrésű víz termelése esetén elsősorban a felszíni vizeket használjuk fel. Ezeket általában csak a velük érintkező vízvezető kőzetek, például kavics, kavicsos homok, homok tisztítják. Innen ered a parti szűrés elnevezés is.[129]

A mintavétel gyakoriságát az ivóvíz minőségi követelményeiről és az ellenőrzés rendjéről szóló 201/2001. (X. 25.) Kormányrendelet határozza meg. A vizsgálandó minták száma a naponta szolgáltatott ivóvíz mennyiségétől és a lakosság nagyságától függ. A Pannon-Víz Zrt. működési területén 29 db vízműtelep üzemel, melyeknél összesen 360 hálózathoz köthető hivatalos mintavételi hely van. A Kisalföld területén kijelölt egyes mintavételi helyekről átlagosan havi egy darab mintát vesznek le a hivatalos mintavevő személyek, amelyeknél különböző vizsgálatokat végeznek el.

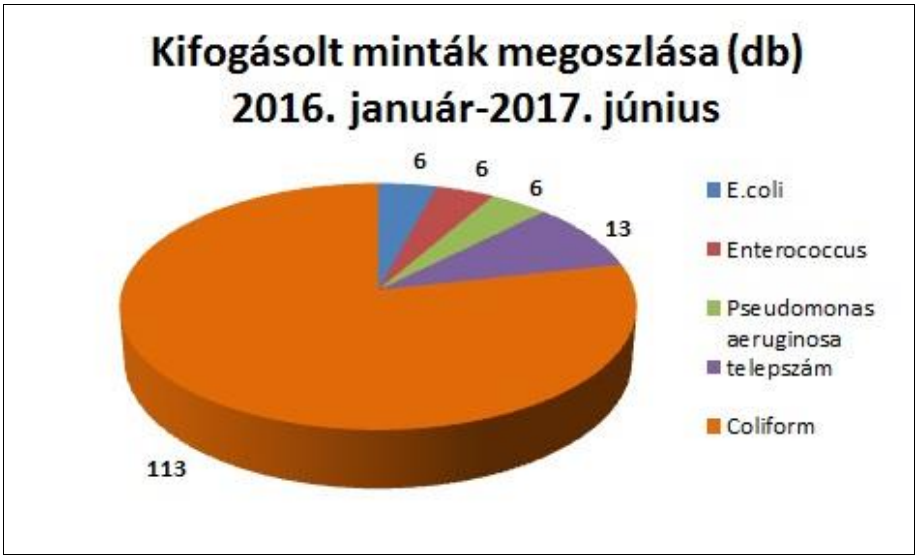
Az eredmények értékelése

A vizsgálat alá vont időszakban – mely 2016 januárjától 2017 júniusáig terjedt – elsősorban Győr vízellátására irányultak az elemzések, de a nagyjából egy év alatt levett és bakteriológiai vizsgálatok alá vont minták elemzése közben kiderült, hogy a megvizsgált mintákból csupán 8 esetben találkoztunk kifogásolhatóval, ahol a problémát a megemelkedett Coliform, illetve telepszám okozta. Ezért menet közben az elemzést kiterjesztettük a Győri üzemmérnökségen túl a Kapuvári, Csornai és Nyúli üzemmérnökség területi adataira is. A 2016 januárjától 2017 júniusáig terjedő időszakban a Pannon-Víz Zrt. munkatársai az említett területeken összesen 1437 db mintát vettek le, ezekből 5672 db bakteriológiai vizsgálatot végeztek el, amelyekből 144 esetben volt probléma az ivóvízzel.

61. ábra: Kifogásolt minták megoszlása 1. [Forrás: saját készítés]

A 201/2001. (X. 25.) Kormányrendelet 1. számú mellékletének „A” pontja alapján kifogás alá eső minták száma 12 db volt, ezekben az esetekben a problémát az E. coli és Enterococcus jelenléte okozta.

A többi, „C” pont alapján kifogásolt minta hátterében leggyakrabban a megemelkedett Coliform szám állt, ezt követte a magas telepszám, illetve Pseudomonas aeruginosa megjelenése.



62. ábra: Kifogásolt minták megoszlása 2. [Forrás: saját készítés]

A 144 db kifogásolt mintánál 6-6 esetben E. coli, Enterococcusok, illetve Pseudomonas aeruginosa jelenléte okozta a problémát. 13 alkalommal jelentett gondot a megemelkedett telepszám, míg a kifogásolt minták legnagyobb részében Coliform baktérium volt kimutatható. A nem megfelelő mintákat tekintve megvizsgáltam a területi elhelyezkedést is, ebből pedig egyértelműen kiderült, hogy

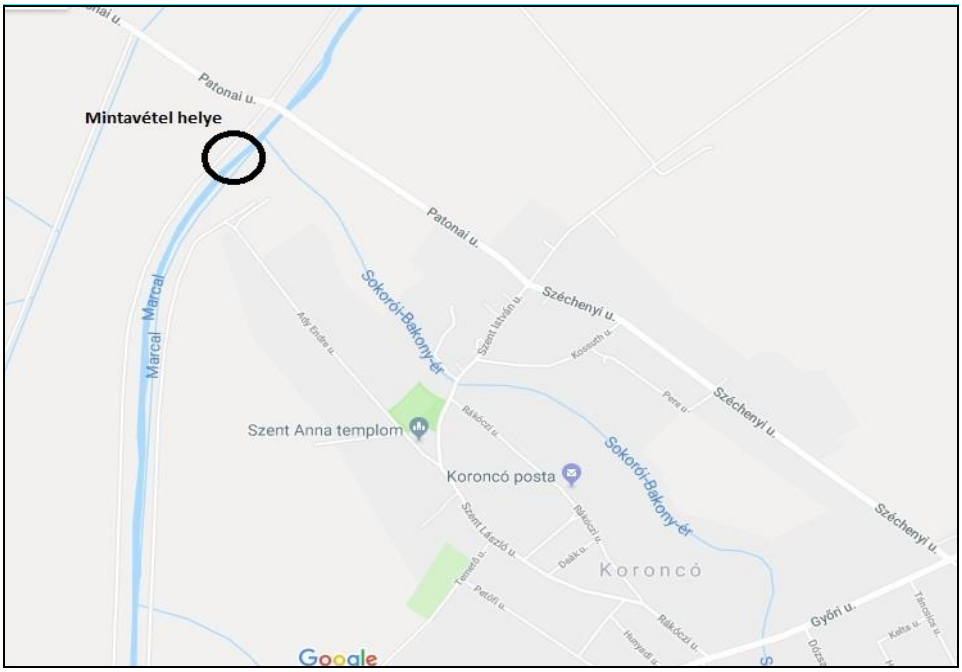
például a beledi, a ciráki, illetve a bogyoszlói vízellátó rendszerből szolgáltatott ivóvízzel több településen, több alkalommal is voltak problémák a mikroorganizmusok számát tekintve. Ezeken a területeken általában a nem megfelelő telepszám, illetve Coliform szám volt a legjellemzőbb. Ezek a problémák legtöbb esetben a vízhálózat nem megfelelőségével, vízkezelési, karbantartási hiányosságokkal magyarázhatók, másrészről pedig ezen települések feltehetően a vízhálózatok végén helyezkednek el. Sok esetben találkozunk olyan jelenséggel a kisebb településeken, melyek akár „alvóvárosként" funkcionálnak, azaz kevesebb vizet használnak fel, így sok esetben kialakulhat pangó víz is, amely kedvezően hat a mikroorganizmusok szaporodására.[130]

4.6. A Marcal folyó mikrobiológiai állapotának felmérése

Az előzőekben bemutatott IDEXX módszert általánosságban csak ivóvizeknél alkalmazzák, nem találtam olyan jellegű kutatást, ahol felszíni vizekből történő kimutatást vizsgáltak, így kutatásaimat kiterjesztettem ezen módszer alkalmazására a folyóvizekből történő mikroba kimutatásra is.

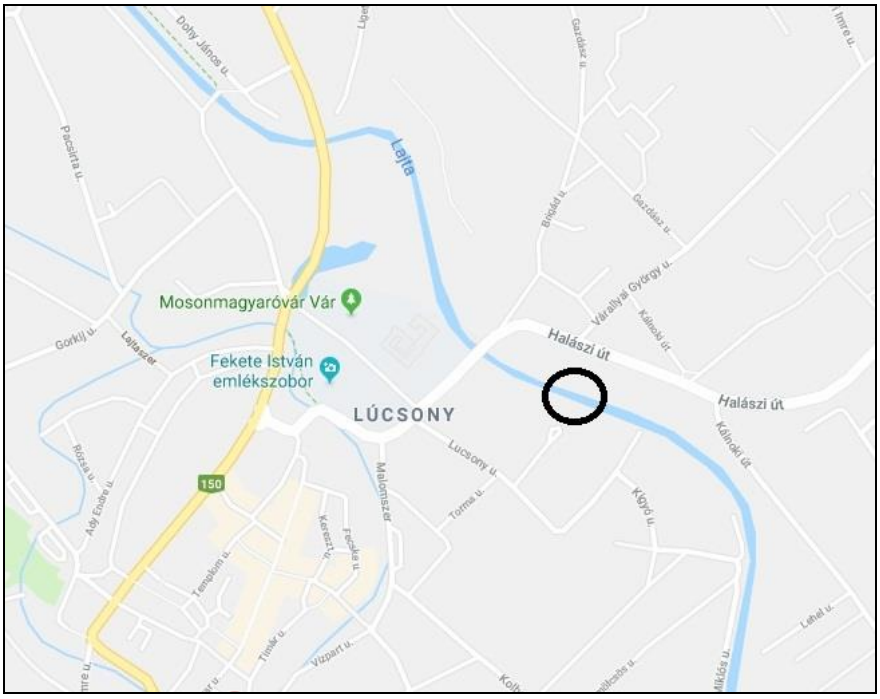
Jelen kutatásom a Magyarország eddigi legnagyobb ipari szerencsétlenségéhez, a 2010. október 4-én bekövetkezett vörösiszap katasztrófához, illetve annak következményeihez, utóhatásához kapcsolódik. A vizsgálat elkészítésével célom volt, hogy bemutassam a Marcal folyóra összpontosítva, hogy a vörösiszap súlyosan károsító hatása hogyan hatott az ökoszisztémára, különösen a mikroba-közösségekre. A saját mintavételezésből származó adatokat feldolgozva egy átfogó képet szeretnék kialakítani a folyó jelenlegi állapotáról.

Mint az ismeretes, a vörösiszap katasztrófának súlyos környezetkárosító hatásai voltak, melyek többek között a Marcal folyónál is jelentkeztek. Az erősen lúgos vörösiszapnak pusztító hatása volt, szinte a teljes élővilágot tönkretette a folyóban. A magas pH nem csak az állatvilágra volt negatív hatással, hanem a mikroorganizmusokra is. A mintavételezéssel az volt a célom, hogy felmérjem a folyó állapotát a katasztrófa után 6 évvel. A 2016-os évben 4 időpontban került sor a mintavételre, februárban, májusban, júliusban és októberben. A mintákat a Győrtől nem messze fekvő, Marcal folyó határán elhelyezkedő Koroncó településnél vettem le. A mintavételezés pontos helyét a 63. ábra mutatja, ebből is látszik, hogy a vízmintákat, még a Marcal és a Sokorói-Bakony-ér torkolata előtt vettem a Marcal folyóból, ahol még nem hígult fel a folyó vize.



63. ábra: Mintavétel helye a Marcal folyónál [Forrás: Google Maps, a szerző kiegészítésével]

Az eredmények megfelelő értékeléséhez összehasonlításként a Lajta folyóból is vettem mintákat ugyanazon időpontokban. A választásom azért a Lajta folyóra esett, mert vízhozamát és egyéb paramétereit tekintve hasonlít a Marcalra. A Lajtából való mintavétel pontos helye a 64. ábrán látható.



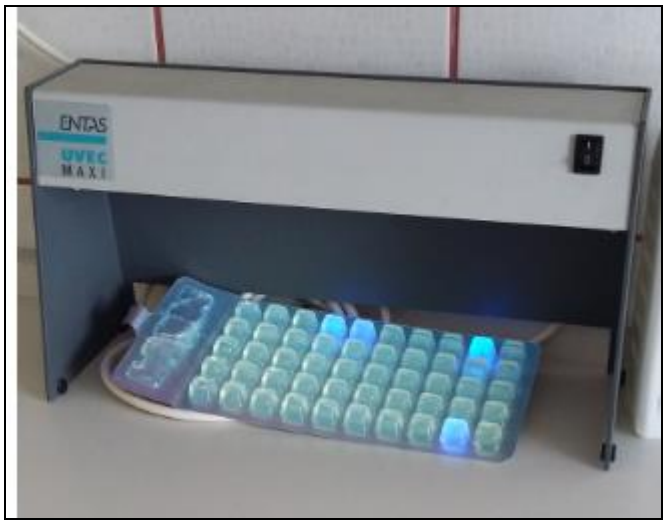
64. ábra: Mintavétel helye a Lajta folyónál [Forrás: Google Maps a szerző kiegészítésével]

A mintavétel idején rögzítésre került a víz és a levegő hőmérséklete is. A vízminták steril üvegbe kerültek, melyeket rövid időn belül eljuttattam a vizsgáló laboratóriumba. A mikrobiológiai vizsgálatokat a Pannon-Víz Zrt. akkreditált Minőségvizsgáló Laboratóriumában végeztem el a labor munkatársainak közreműködésével. Mindegyik mintavételi időpontban levett minták esetén 3 párhuzamossal és 2 ismétléssel dolgoztunk a hiteles eredmények elérése érdekében. Az egyes mintáknál Coliform, E. coli, illetve Pseudomonas aeruginosa tartalmat vizsgáltunk, ezen kívül megmértük a pH-t is. Az IDEXX módszer hitelességének megállapításához a vízmintákból ugyanezeket a mikroorganizmusokat kimutattuk tenyésztéses eljárással is.

A Coliform és az E. coli kimutatása Colilert 18 módszerrel történt. A Coliform pozitivitást, ahogy a 11. képen is látszik, a sárga cellák jelzik.

11. kép: Coliform kimutatása Colilert módszerrel 2. [Forrás: saját kép]

Az E. coli esetében az emzimaktivitás eredményeként a minta coliform pozitív, sárga buborékjai közül az E. coli pozitívak UV megvilágítás alatt kéken fluoreszkálnak. A színes cellák száma alapján MPN módszer segítségével, egy statisztikai táblázatból olvastam ki az eredményt. Az eredményeket 1 ml-re adtam meg.



12. kép: E. coli kimutatása Colilert módszerrel 2. [Forrás: saját kép]

A Pseudomonas aeruginosa kimutatása Pseudalert módszerrel történt. Az inkubáció után megszámoltam az UV fény hatására kék színnel fluoreszkáló pozitív buborékokat. Az eredményt pedig szintén MPN módszerrel adtam meg.

A pH méréseket a WTW Multi 3430 gyártmányú Sen Tix 940-3 típusú hitelesített mérővel végeztem.

Az eredmények értékelése

Az értekezés jelen részében a 2016-os évben általam levett és megvizsgált vízminták eredményeit mutatom be. 4 különböző időben történt mintavétel a Marcal, illetve a Lajta folyóból. Az egyes mintavételezések idején megmértem a levegő és a víz hőmérsékletét, illetve a minták pH értékét is, melyek a 11. táblázatban láthatók.

Vizsgálat ideje	Marcal			Lajta		
	pH	levegő hőmérséklete °C	víz hőmérséklete °C	pH	levegő hőmérséklete °C	víz hőmérséklete °C
2016.02.15.	8,05	5	3	7,97	6	3
2016.05.17.	8,06	15	11	8,05	16	10
2016.07.20	8,08	31	21	8,09	28	19
2016.10.10.	8,26	19	15	7,94	20	14

11. táblázat: Marcal és Lajta folyó vizsgálati értékei [Forrás: a szerző összeállítása a saját vizsgálatok eredményei alapján]

A vizsgálati eredmények elemzése alapján kijelenthető, hogy mind a két folyó pH értéke közel azonos a 4 mintavételi időpontban. A vörösiszap katasztrófa idején ez az érték 13-nál magasabb volt a Marcal folyónál.

A két folyóból levett vízmintákból meghatároztam a Coliform, az E. coli és a Pseudomonas aeruginosa számot IDEXX és tenyésztéses módszerrel is, melyek eredményei a következő ábrákon láthatóak. A mérési nyersadatokat a 2. sz. melléklet

tartalmazza. A választásom azért erre a 3 mikroorganizmusra esett, mivel véleményem szerint ezen paraméterek meghatározásával egy átfogó képet kaphatunk a folyóvizek mikrobiológiai állapotáról, az esetlegesen előforduló kórokozókról. A mérések során 3 párhuzamossal dolgoztam, ezek átlagértékei a 12. és 13. táblázatban láthatók. A részletes adatok a 4. mellékletben találhatók.

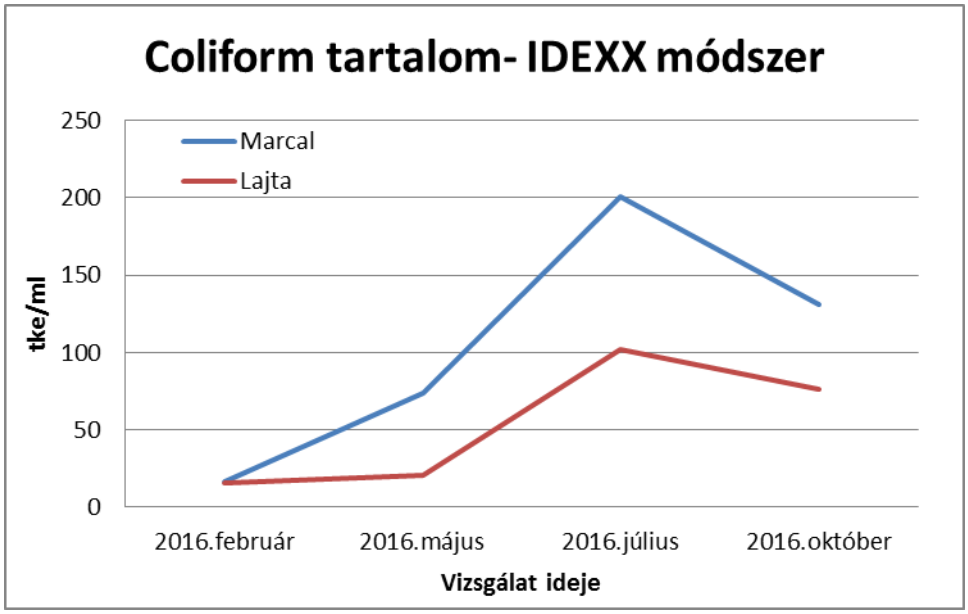
	Coliform- Marcal		Coliform- Lajta		E.coli-Marcal	
Vizsgálat ideje	IDEXX módszer	Tenyésztés módszer	IDEXX módszer	Tenyésztés módszer	IDEXX módszer	Tenyésztés módszer
2016.február	16,7	14	15,8	16	0,85	1
2016.május	73,8	70	20,7	18	1,37	1
2016.július	200,5	195	101,9	91	4	4
2016.október	131,4	125	76,5	78	3,45	3

12. táblázat: Marcal és Lajta folyó vizsgálati eredményei 1. [Forrás: a szerző összeállítása a saját vizsgálatok eredményei alapján]

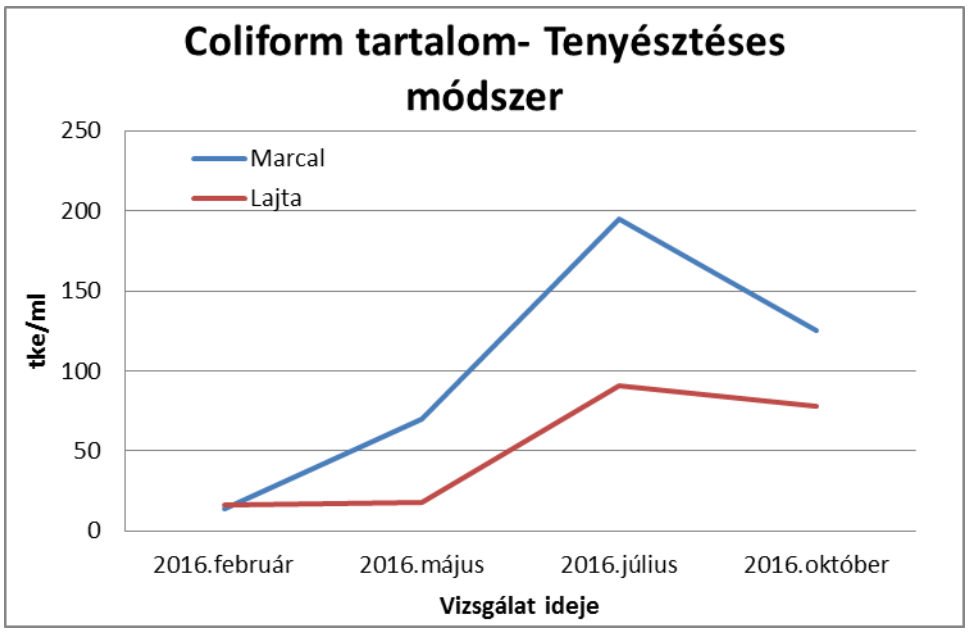
	E.coli-Lajta		Pseudomonas a.- Marcal		Pseudomonas a.-Lajta	
Vizsgálat ideje	IDEXX módszer	Tenyésztés módszer	IDEXX módszer	Tenyésztés módszer	IDEXX módszer	Tenyésztés módszer
2016.február	1,06	1	0,15	1	0,22	1
2016.május	2,06	2	0,57	1	1,75	2
2016.július	7,85	7	6,4	6	13,7	15
2016.október	5,49	5	2,1	2	6,8	7

13. táblázat: Marcal és Lajta folyó vizsgálati eredményei 2. [Forrás: a szerző összeállítása a saját vizsgálatok eredményei alapján]

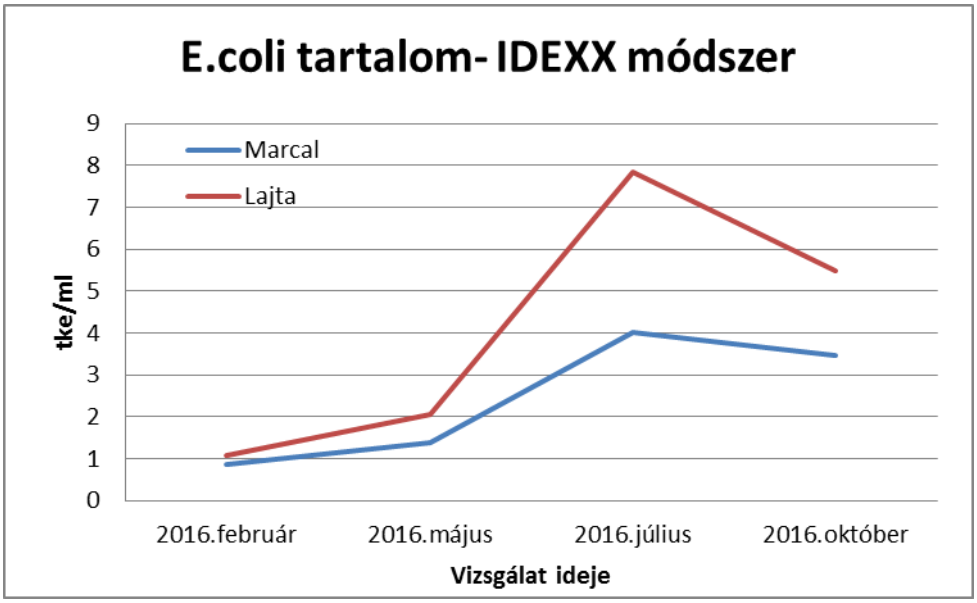
A vizsgálatok során kapott átlagértékeket a jobb szemlélhetőség érdekében az alábbi ábrákon mutatom be.



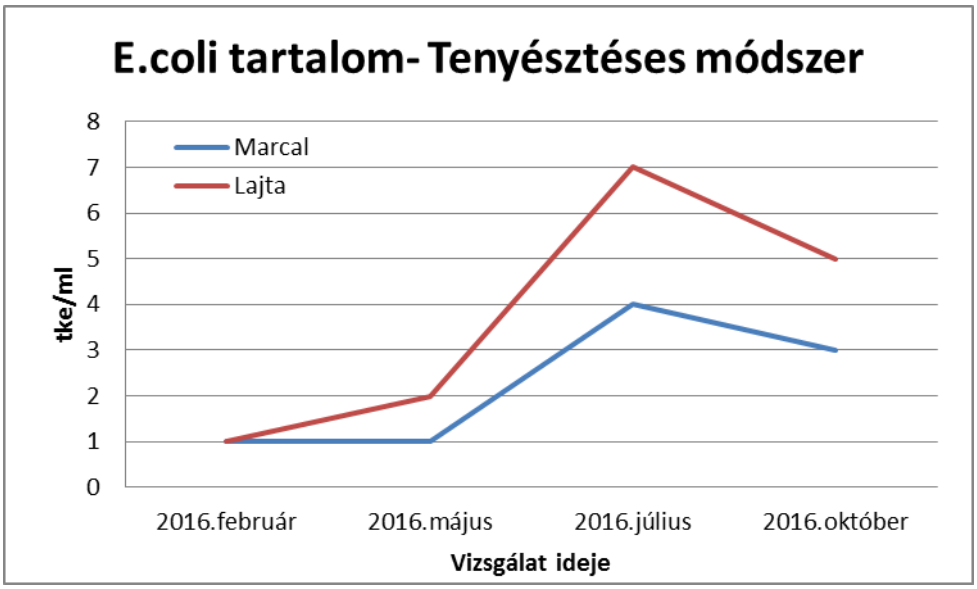
65. ábra: Marcal és Lajta folyó Coliform tartalma IDEXX módszerrel [Forrás: a szerző összeállítása a saját vizsgálatok eredményei alapján]



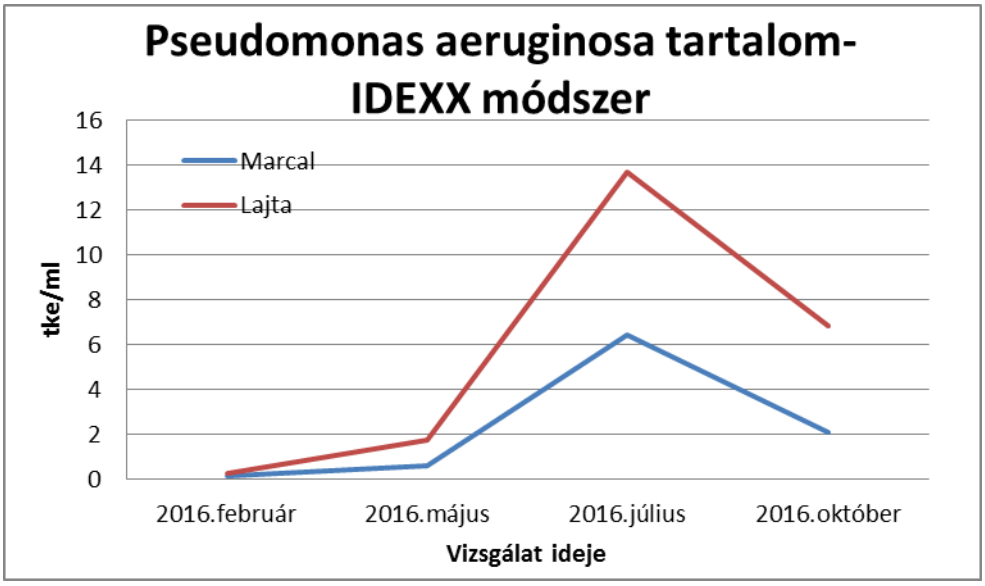
66. ábra: Marcal és Lajta folyó Coliform tartalma tenyésztéses módszerrel [Forrás: a szerző összeállítása a saját vizsgálatok eredményei alapján]



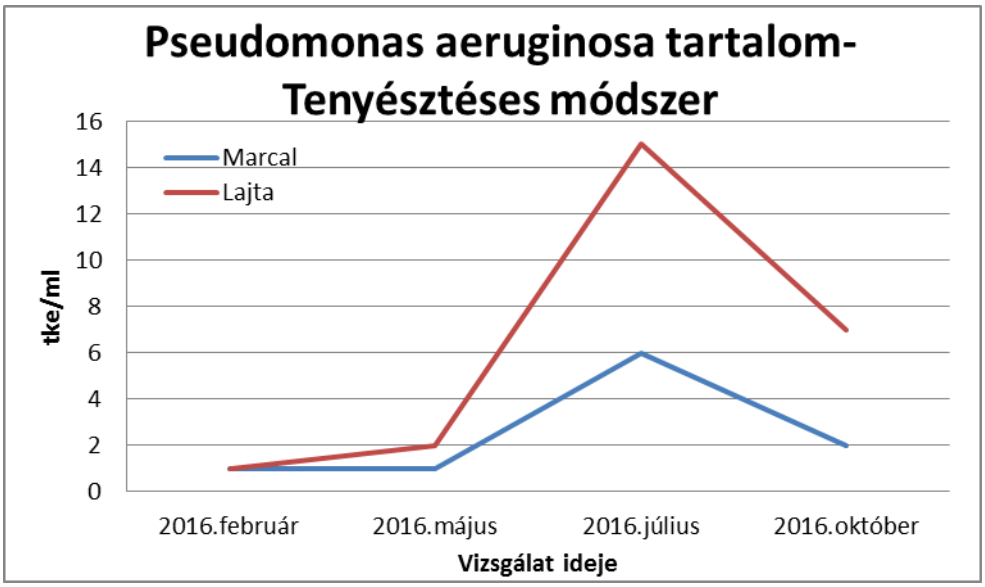
67. ábra: Marcal és Lajta folyó E. coli tartalma IDEXX módszerrel [Forrás: a szerző összeállítása a saját vizsgálatok eredményei alapján]



68. ábra: Marcal és Lajta folyó E. coli tartalma tenyésztéses módszerrel [Forrás: a szerző összeállítása a saját vizsgálatok eredményei alapján]



69. ábra: Marcal és Lajta folyó Pseudomonas aeruginosa tartalma IDEXX módszerrel [Forrás: a szerző összeállítása a saját vizsgálatok eredményei alapján]



70. ábra: Marcal és Lajta folyó Pseudomonas aeruginosa tartalma tenyésztéses módszerrel [Forrás: a szerző összeállítása a saját vizsgálatok eredményei alapján]

A vízmintákból kimutatott mikroorganizmusokat tekintve összességében elmondható mind a két módszer esetén, hogy a Coliform, az E. coli és a Pseudomonas vonatkozásában hasonló tendenciát kaptam a két folyó esetén. A melegebb hónapokban, amikor már a folyók vízhőmérséklete is megemelkedett, a mikroorganizmusok számában is növekedést tapasztaltunk. Ezzel összhangban, a téli, hidegebb időszakban a mikroorganizmusok számának csökkenése volt megfigyelhető.

Fontos még egyszer megemlíteni, hogy ezek a vizsgálatok nem voltak teljes körűek, csak néhány paramétert emeltem ki a sok közül, viszont ezek is már megfelelő kiindulási alapot képeztek az alapvető összefüggések megállapításához, illetve ahhoz, hogy bebizonyítsam, hogy a két módszer eredményei között nem tapasztalok eltéréseket, a vizsgálati eredmények jól korrelálnak egymással, ezért megállapítható, hogy az IDEXX módszer kiválóan alkalmas élővizek vizsgálatára is.

A vizsgálatok alapján az mindenképp kijelenthető, hogy a várakozásainknak megfelelően a Marcal folyó már nem mutatja a katasztrófa következtében kialakult negatív tulajdonságokat. Mindehhez persze hozzájárult az is, hogy a katasztrófa óta már eltelt 6 év, így a folyónak volt ideje a regenerálódásra. A pH értékek és a mikrobiológiai jellemzők alapján egy teljesen „hétköznapi", átlagos mikroflórával rendelkező folyóról beszélhetünk, amelynek sikerült kihevernie a vörösiszap katasztrófa súlyos környezetkárosító hatásait.

A vörösiszap katasztrófa jelentős ökológiai károkat okozott a természetben, de a gyors és példaértékű összefogás, a hatékony mentesítési beavatkozások a regeneráló folyamatokat felgyorsították, melynek következtében a folyó élővilága is újjáéledt.[131]

4.7. Részkövetkeztetések

Az általam elvégzett vizsgálatokra a kutatási célkitűzések elérése érdekében volt szükség. Előzetesen a könnyebb összehasonlítás érdekében részletesen is bemutattam az egyes módszereket, azok sokrétűsége miatt. Az első pontban egy kérdőíves felmérést végeztem el, mellyel a célom az volt, hogy átfogó képet kapjak a hazai ivóvízfogyasztási szokásokról. Összességében megállapítottam, abban, hogy a fogyasztóhoz megfelelő minőségű víz kerüljön, magának a fogyasztónak is nagy szerepe van. Arra a megállapításra jutottam, hogy rendkívül fontos hangsúlyozni a helyes fogyasztói magatartást, mind a vezetékes ivóvíz esetén, mind pedig a palackozott ásványvizeket illetően, akár a megfelelő tárolási körülmények kialakítása során, akár fogyasztás során is. Fontosnak tartom meghatározott időközönként a teljes körű vízvizsgálatok végzését, nem csak a szolgáltató részéről, hanem a lakosok részéről is, ugyanis ennek során egy olyan összképet kaphatunk a háztartásunkban fellelhető ivóvízről, mellyel sok háttérproblémát ki lehet küszöbölni. Gondolok itt például az elöregedett, elhasználódott vízvezetékekre, a vezetékekből történő

kioldódásra. Ezek mind olyan problémák, melyekre a vízben előforduló mikroorganizmusok jelenlétéből következtetni lehet.

Ismertettem az ivóvízre és az ásványvízre vonatkozó előírásokat, s ehhez kapcsolódóan laboratóriumi elemző vizsgálatot is végeztem. Elemeztem az általam elvégzett, kereskedelmi forgalomból származó szénsavas, illetve szénsavmentes ásványvizek mikrobiológiai vizsgálati eredményeit, melyeknél azt tapasztaltam, hogy a megvizsgált szénsavmentes ásványvíz minták 65%-a, a szénsavas vizeknek pedig a 15%-a nem felelt meg a hatályos bakteriológiai előírásoknak. A kifogásolt minták nem megfelelőségét többnyire a magas telepszám okozta, amire a jogszabály csak a palackozást követő 12 órán belüli vizsgálatot írja elő. Mivel ezek a termékek a kereskedelmi forgalomból származtak, ez a követelmény nyilvánvalóan nem teljesülhetett, márpedig bizonyos mértékű mikrobaszaporodás a nem megfelelő tárolásból is adódhat. Javaslom, hogy a biztonságos palackozott ivóvíz, ásványvíz érdekében egészítsék ki a rendeletet arra vonatkozólag is, hogy a minőség-megőrzési idő teljes időtartamára is legyen előírás a mikrobiológiai paramétereket tekintve. Ezzel az előírással a nem megfelelő tárolásból, raktározásból eredő mikrobiológiai hiányosságok is kiszűrhetővé válnának.

A kísérletek során arra a következtetésre jutottam, hogy a palackozott szénsavmentes ásványvizek mikrobiológiai állapota nem megfelelő. A természetes ásványvizek szabályozásáról szóló 65/2004. (IV.27.) FVM-ESzCsM-GKM együttes rendelet mikrobiológiai aspektusból nem elég szigorú, hiszen csak a palackozás időszakára tartalmaz előírásokat. Ebből kifolyólag javasolom beépíteni a rendeletbe a természetes ásványvízre vonatkozóan a minőség-megőrzési idő teljes szakaszára vonatkozó mikrobiológiai határértékek megállapítását. Véleményem szerint a rendeletben foglalt paraméterek – és az ezekhez tartozó határértékek – azaz aerob telepszám 22°C-on és 37°C-on, Coliform baktériumok, Escherichia coli, Enterococcus spp., Pseudomonas aeruginosa és mezofil szulfitredukáló Clostridiumok kimutatásával egy átfogó képet kapnánk a palackozott ásványvizek mikrobiológiai állapotáról, illetve a tárolási, szállítási körülmények megfelelőségéről is. Ezen vizsgálat kiterjesztésével garantálni tudjuk a kereskedelmi forgalomban lévő ásványvizek megfelelőségét élelmiszer-biztonsági szempontból is.

A további vizsgálataim laboratóriumi körülmények között zajlottak. A víziközmű-szolgáltatóval közösen levett és bevizsgált vízminták száma alapján kijelenthető, hogy a minták számát és az ezeken elvégzett bakteriológiai vizsgálatok számát

tekintve elenyésző esetben fordult elő olyan jellegű probléma az ivóvízzel, hogy az egészségügyi kockázatot jelentett volna a lakosság számára.

Kutatómunkám során arra a következtetésre jutottam, hogy a megfelelő vízvizsgálati módszer kiválasztásánál több tényezőt is figyelembe kell venni. Ehhez kapcsolódóan SWOT analízist alkalmaztam, amely segítségével a 4 paraméteren keresztül megállapítható, hogy melyek az egyes módszerek előnyei, illetve hátrányai. Ismertettem azokat a tényezőket, amelyek egyes esetekben akár akadályozóként léphetnek fel a vizsgálatok során. Ezek ismerete elengedhetetlen ahhoz, hogy az adott helyzetben a legjobb módszert lehessen alkalmazni.

Ha hivatalos vízminősítő vizsgálatot végzünk, akkor azt akkreditált laboratóriumban tehetjük meg és ebben az esetben követni kell a hazánkban hatályos jogszabályokban foglaltakat, tehát a tenyésztéses eljárásokat kell alkalmazni. Ilyenkor egy viszonylag hosszadalmas és eszközigényes minta-előkészítés után jön maga a leoltás, majd pedig az 1-2 napos inkubálási idő után a telepek értékelése, számolása és az eredmény megadása. Ha viszont egy váratlanul bekövetkező rendkívüli eseményről vagy egy katasztrófahelyzetről van szó, ahol az ivóvíz szennyeződik, akkor ajánlott az IDEXX eljárás alkalmazása, amellyel rövidebb idő alatt lehet eredményhez jutni.[132]

Az előző fejezetben foglaltak, illetve az elvégzett saját laboratóriumi vizsgálatok alapján véleményem szerint az IDEXX módszert számos előnye miatt célszerű beilleszteni a hazai gyakorlatba is, ugyanis ezen eljárás nem csak az ivóvizek esetén alkalmazható, hanem vizsgálataim során bebizonyítottam azt is, hogy megfelelő biztonsággal használható felszíni vizek esetén is. Ezek a vizsgálatok azért is jelentősek, mert a felszíni vizeinkben, elsősorban a folyóvizekben megtalálható baktériumok katalizátorként működnek, tehát a számukban bekövetkezett változás azt jelenti, hogy valamilyen stresszhatás érte a vízbázist.

AZ ELVÉGZETT KUTATÁS ÖSSZEFOGLALÁSA

Disszertációmban elsőként az ivóvízbázisok vizét, mint környezeti elemet és életünk elengedhetetlen alappillérét mutattam be. A víz különféle tulajdonságai mellett ismertettem a vízellátás biztosításához szükséges követelményeket, az ivóvíz fogyaszthatóságának feltételeit, beleértve a vízminőség romlását okozó biológiai kockázatokat is. Vizsgáltam az ivóvíz- és ásványvízfogyasztási szokások alakulását és kitértem arra, hogy a katonai táborokban hogyan valósítható meg a megfelelő vízellátás. Bemutattam, hogy tábori körülmények között milyen lehetőségek állnak rendelkezésre a megfelelő ivóvíz előállítására és szükség szerinti tárolására, szállítására és csomagolására.

Az értekezés második fejezetében ismertettem a vízgazdálkodás, illetve a vízbázisvédelem jogszabályi hátterét. Bemutattam, hogy melyek azok a kockázati tényezők, amely a vízbiztonságot negatív irányba képesek befolyásolni. Feltártam és összegyűjtöttem azokat az eljárásokat, vízkezelési metódusokat, amelyekkel a garantálni lehet a megfelelő vízminőséget. A napjainkban jelentkező környezetbiztonsági kockázatok bemutatása során rávilágítottam azokra a kritikus pontokra, tényezőkre, ahol kiemelt figyelmet kell fordítani a vizek megfelelő mikrobiológiai állapotának megtartására. Felvázoltam, hogy rendkívüli vagy váratlan vízszennyezés esetén milyen kárelhárítási feladatokat kell a hivatásos szerveknek, a katasztrófavédelmi, a honvédségi szakembereknek ellátni. Ismertettem a vízminőségi kárelhárítás szakaszait különböző helyzetekben.

A harmadik fejezetben bemutattam az ivóvízvizsgálatok folyamatát, kitérve az első, nagyon fontos lépésre, a mintavételre, hiszen ennek nem megfelelősége esetén a vizsgálati eredmény sem lesz megbízható. Felkutattam és elemeztem a vízvizsgálatokkal kapcsolatos szak-specifikus leírásokat, szabályzókat, melyek alapján egyértelművé váltak az eljárásokkal szemben támasztott követelmények. Ebből kiindulva összegyűjtöttem és rendszereztem a hazánkban fellelhető vízvizsgálatra alkalmas mikrobiológiai módszereket, eljárásokat. Ezen módszereket táblázatba foglalva a különböző, vizsgálatokhoz kapcsolódó tényezőket figyelembe véve egy súlyozási rendszert alakítottam ki, melynek segítségével az egyes helyzetekben megkönnyíthetjük a szakemberek feladatát a módszer kiválasztását illetően. Rávilágítottam arra a tényre is, hogy a vízvizsgálatokat előíró szabályzatok hiányosak, nem adják meg a módszerek közötti választási lehetőséget a szakemberek

számára. A civil vizsgálatok mellett górcső alá vettem a katonai alakulatok lépéseit olyan esetekben, mikor katasztrófahelyzet vagy veszélyhelyzet alakul ki. Ismertettem a Magyar Honvédségnél alkalmazott vízvizsgálati módszereket, rávilágítva az esetleges hiányosságokra.

A negyedik fejezetben a komplex környezetbiztonságból kiindulva célirányos kísérleteket folytattam le és bemutattam a saját laboratóriumi vizsgálataim eredményeit. Vizsgálataim több irányban is folytak, ezek közül először egy kérdőíves felmérés tapasztalatait felhasználva bemutattam a hazai lakosság vízfogyasztási szokásait. Ehhez kapcsolódóan mikrobiológiai vizsgálatokat végeztem a kereskedelmi forgalomban megtalálható palackozott természetes ásványvizeknél, ahol megállapítottam, hogy az ásványvízre vonatkozó jogszabályi rendelkezés hiányos, ennek átdolgozására, kiegészítésére javaslatot tettem az értekezésemben. Győr város ivóvíz minőségének felmérésére több laboratóriumi kísérletem is irányult, melyek során a meghatározott helyekről levett vízminták eredményeit mutattam be és elemeztem. Vizsgálatokat folytattam arra vonatkozóan is, hogy a gyakorlatban ivóvízvizsgálatra alkalmazható IDEXX módszert a felszíni vizek mikrobiológiai állapotának felmérésére is lehet használni.

Az elvégzett vizsgálataim alapján ajánlást tettem az eredmények felhasználására a magyarországi intézményi és tevékenységi rendszerekhez.

ÖSSZEGZETT KÖVETKEZTETÉSEK

Az egyik fő következtetésem, hogy a vízellátás megfelelő biztosítására napjainkban is kiemelt figyelmet kell fordítani, hiszen ennek célja, hogy a fogyasztóhoz közegészségügyi szempontból megfelelő minőségű és mennyiségű víz kerüljön. Az ivóvíz minőségi paramétereinek biztosítása az ivóvízellátást végző szolgáltatók feladata a vízbiztonság fenntartásában, legyen szó vezetékes ivóvízről, vagy ásványvízről. Mindehhez azonban hozzátartozik a helyes fogyasztói magatartás is mind a két típusú ivóvíz esetén, a tárolás, illetve a fogyasztás szakaszában is.

Fontosnak tartom meghatározott időközönként a teljes körű vízvizsgálatok elvégzését, ugyanis ennek során olyan anyagok is kimutathatók a vízből, melyek nem esnek a vonatkozó jogszabályi követelmények alá, de jelenlétük egészségkárosodást okozhat a vízfogyasztók körében. Vizsgáltam többek között azt is, hogy milyen problémák fordulhatnak elő ivóvíz fogyasztása során. Esztétikai elváltozásokat ritkábban ugyan, de palackozott ásványvizeknél is tapasztaltam. Mindennapi életünk során mi is átélhettük azt a problémát, amikor a tűző napon felejtett, vagy huzamosabb ideig meleg helyen tárolt víznél szag- és ízbeli problémák lépnek fel. Mindezen megváltozott környezeti körülmények kedvezhetnek bizonyos mikroorganizmusok szaporodásának. Elemezve a fogyasztási szokások alakulását, azt a következtetést vontam le, hogy a természetes ásványvíz egyre nagyobb népszerűségnek örvend, ezért is kell kiemelt figyelmet fordítani ezek megfelelő tárolási körülmények biztosítására.

Megállapításom szerint szükséges lenne a vízhálózatok rendszeres időközönkénti tisztítása, fertőtlenítése, amely egyrészről a szolgáltató hatáskörébe tartozna, másrészről pedig a lakosság tudatos fogyasztói magatartásának köszönhetően a házi elosztóhálózat rendszeres fertőtlenítése is szükséges lenne. Mindehhez természetesen a szolgáltató és akár az állam is segítséget, illetve támogatást nyújtana, ez által elkerülhetővé válnának az ivóvíz szolgáltatása közbeni esztétikai problémák.

Arra a megállapításra jutottam, hogy kiemelt figyelmet kell fordítanunk mind a lakossági ivóvízellátás biztosítására, mind pedig a katonai táborok ivóvízellátó rendszereire. Utóbbit a polgári szolgáltató rendszerekhez hasonlóan a vonatkozó előírások betartásával kell kiépíteni, de emellett figyelembe kell venni a helyi, katonai sajátosságokat, illetve követelményeket is. Leggyakrabban mobil víztisztító berendezéseket alkalmaznak, amelyek alkalmasak arra, hogy megfelelő minőségű

ivóvizet állítsanak elő a katonák számára. Ezen felül mindez létfontosságú lehet különféle katasztrófák esetén, amikor a vízművek megsérülnek, s nem tudják biztosítani a lakosság megfelelő vízellátását.

Arra a következtetésre jutottam, hogy a vízminőség kedvezőtlen alakulásáért számos esetben a biológiai tényezők felelősek, ezek közül is leginkább a baktériumok. Fontos feladat tehát a vízbázisok rendszeres ellenőrzése, mely kiterjed a mikroorganizmusok kimutatására is, hiszen ezek elszaporodása a vízben az emberi egészségre is veszélyt jelenthetnek.

Kutatási célkitűzéseim maradéktalan teljesítése érdekében feltártam és összegyűjtöttem azokat az eljárásokat, vízkezelési metódusokat, amelyekkel a vízben található szennyeződéseket, mikroorganizmusokat ki tudjuk szűrni vagy adott esetben inaktiválni tudjuk, hogy ezzel is hozzájáruljunk a megfelelő vízminőség garantálásához. A napjainkban jelentkező környezetbiztonsági kockázatok bemutatása során rávilágítottam azokra a kritikus pontokra, tényezőkre, ahol kiemelt figyelmet kell fordítani a vizek megfelelő mikrobiológiai állapotának megtartására.

Megállapítottam, hogy a vízhiány vagy a rossz minőségű víz rengeteg olyan negatív kockázatot rejthet magában, ami a hétköznapi, a lakossági szempontú felhasználhatóságát nehezítheti. A vízminőség biztosításának érdekében kiemelt feladat tehát a környezet- és biztonságtudatos, felelős vízfelhasználás, továbbá a vízbázisok védelme. A megfelelő minőségű ivóvíz biztosításának érdekében fontos a vízellátó rendszerből történő folyamatos mintavételezés és részletes analitikai, valamit mikrobiológiai vizsgálatok végzése, amelyek kimutatják a vízszennyezéseket. Amennyiben környezetszennyezés történik, az adott szennyezésfajtára exponálva ki kell terjeszteni a vizsgálatokat az ivóvízbázis környéki felszíni vizekre és talajra is. Ezáltal nyomon követhető a szennyezés útja.

Kiemeltem, hogy a katonai erőknél hogyan és milyen módszerrel történik a szennyező anyagok detektálása. Az egyes vízszennyezések során a védelmi erőknek, ezen belül a katonai szerveknek is rendkívül nagy szerepük van a kontamináció megszüntetésében, csökkentésében és a keletkezett károk felszámolásában. A víz minőségét és a benne előforduló mikroorganizmusokat a megfelelő mintavételezés után laboratóriumban vizsgálják meg. Felvázoltam, hogy milyen módszerek állnak rendelkezésre az egyes kórokozók kimutatására. A gyorsdiagnosztikai módszerek eredményét minden esetben meg kell erősíteni a szabvány által előírt eljárással, jelen esetben tenyésztéses módszerrel, mely rendkívül időigényes, az eredmény

kiértékelésére több napot is várni kell. Vizsgáltam a Magyar Honvédségnél alkalmazott vízvizsgálati módszereket, rávilágítva az esetleges hiányosságokra.

A könnyebb alkalmazhatóság érdekében összegyűjtöttem és rendszerbe foglaltam a hazánkban alkalmazott mikrobiológiai vízvizsgálati módszereket, eljárásokat. Ezeket táblázatban jelenítettem meg és különböző gyakorlati tényezőket figyelembe véve egy súlyozási rendszert alakítottam ki, melynek segítségével az egyes helyzetekben megkönnyíthetem a szakemberek feladatát a módszer kiválasztását illetően.

Az egyes mikrobiológiai vízvizsgálati módszerek összehasonlítása során arra a következtetésre jutottam, hogy az IDEXX módszerek ugyan hazánkban még nem elterjedtek – ennek oka lehet, hogy a többi eljáráshoz képest viszonylag drágák – viszont nagy előnyük a hagyományos tenyésztéses eljárásokkal szemben, hogy lényegesen rövidebb idő alatt kapunk eredményt. Ezekkel az eljárásokkal 1 napon belül kiértékelhetők az eredmények, ezzel jelentős időt nyerve a hagyományos módszerekkel szemben.

Ezen módszer gyakorlati alkalmazásának további előnye például a PCR eljáráshoz képest, hogy pontos mennyiségi meghatározást tesz lehetővé, ezáltal a mikrobiológiai szennyezők kezelése és az érintett területek fertőtlenítése is hamarabb megkezdődhet. Ennek köszönhetően a fertőzések további terjedése is mérsékelhető vagy akár meg is szüntethető.

Összehasonlítottam az ivóvízre és az ásványvízre vonatkozó előírásokat, s ehhez kapcsolódóan laboratóriumi elemző vizsgálatot is elvégeztem. Elemeztem az általam elvégzett kereskedelmi forgalomból származó szénsavas, illetve szénsavmentes ásványvizek mikrobiológiai vizsgálati eredményét, melyeknél azt tapasztaltam, hogy a megvizsgált szénsavmentes ásványvíz minták 65%-a, a szénsavas vizeknek pedig 15%-a nem felelt meg a hatályos bakteriológiai előírásoknak. A kifogásolt minták nem megfelelőségét többnyire a magas telepszám okozta, amire a jogszabály csak a palackozást követő 12 órán belüli vizsgálatot írja elő. Mivel ezek a termékek a kereskedelmi forgalomból származtak, ez a követelmény nyilvánvalóan nem teljesülhetett, márpedig bizonyos mértékű mikrobaszaporodás a nem megfelelő tárolásból is adódhat. Javaslom, hogy a biztonságos palackozott ivóvíz, ásványvíz érdekében egészítsék ki a rendeletet arra vonatkozólag is, hogy a minőség-megőrzési idő teljes időtartamára is legyen előírás a mikrobiológiai paramétereket tekintve. Ezzel az előírással a nem megfelelő tárolásból, raktározásból eredő mikrobiológiai hiányosságok is kiszűrhetővé válnának.

A kísérletek során arra a következtetésre jutottam, hogy a palackozott szénsavmentes ásványvizek mikrobiológiai állapota nem minden esetben megfelelő. A természetes ásványvizek szabályozásáról szóló 65/2004. (IV.27.) FVM-ESzCsM-GKM együttes rendelet mikrobiológiai aspektusból nem elég szigorú, hiszen csak a palackozás időszakára tartalmaz előírásokat. Ebből kifolyólag javasolom beépíteni a rendeletbe a természetes ásványvízre vonatkozóan a minőség-megőrzési idő teljes szakaszára vonatkozó mikrobiológiai határértékek megállapítását. Véleményem szerint a rendeletben foglalt paraméterek – és az ezekhez tartozó határértékek – az aerob telepszám 22°C-on és 37°C-on, a Coliform baktériumok, az Escherichia coli, az Enterococcus spp., a Pseudomonas aeruginosa és a mezofil szulfitredukáló Clostridiumok kimutatásával egy átfogó képet kapnánk a palackozott ásványvizek mikrobiológiai állapotáról, illetve a tárolási, szállítási körülmények megfelelőségéről is. Ezen vizsgálat kiterjesztésével garantálni lehet a kereskedelmi forgalomban lévő ásványvizek megfelelőségét élelmiszer-biztonsági szempontból is.

Kutatómunkám során arra a következtetésre jutottam, hogy a megfelelő vízvizsgálati módszer kiválasztásánál több tényezőt is figyelembe kell venni. Ehhez kapcsolódóan SWOT analízist alkalmaztam, amely segítségével a 4 paraméteren keresztül megállapítható, hogy melyek az egyes módszerek előnyei, illetve hátrányai. Ismertettem azokat a tényezőket, amelyek egyes esetekben akár akadályozóként léphetnek fel a vizsgálatok során. Ezek ismerete elengedhetetlen ahhoz, hogy az adott helyzetben a legjobb módszert lehessen alkalmazni.

Ha hivatalos vízminősítő vizsgálatot végzünk, akkor azt akkreditált laboratóriumban tehetjük meg és ebben az esetben követni kell a hazánkban hatályos jogszabályokban foglaltakat, tehát a tenyésztéses eljárásokat kell alkalmazni. Ilyenkor egy viszonylag hosszadalmas és eszközigényes minta-előkészítés után jön maga a leoltás, majd az 1-3 napos inkubálási idő után a telepek értékelése, számolása és az eredmény megadása. Ha viszont egy váratlanul bekövetkező rendkívüli eseményről vagy egy katasztrófahelyzetről van szó, ahol az ivóvíz szennyeződik, akkor ajánlott az IDEXX eljárás alkalmazása, amellyel rövidebb idő alatt jutunk eredményhez.

Rávilágítottam arra a tényre is, hogy a vízvizsgálatokat előíró szabályzatok hiányosak, nem adják meg a módszerek közötti választási lehetőséget a szakemberek számára. Összegzésként megállapítható, hogy az általam elvégzett laboratóriumi vizsgálatok alapján az IDEXX módszert számos előnye miatt célszerű beilleszteni a hazai gyakorlatba is, ugyanis ezen eljárás nem csak az ivóvizek esetén alkalmazható,

hanem vizsgálataim során bebizonyítottam azt is, hogy megfelelő biztonsággal használható felszíni vizek esetén is. Ezek a vizsgálatok azért is jelentősek, mert a felszíni vizeinkben, elsősorban a folyóvizekben megtalálható baktériumok katalizátorként működnek, tehát a számukban bekövetkezett változás azt jelenti, hogy valamilyen stressz hatás érte a vízbázist.

ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK, TÉZISEK

1. **Laboratóriumi kísérletek során vizsgáltam** az ivóvizek mikrobiológiai vizsgálatára alkalmas módszereket, az eredmények elemzése során **bizonyítottam,** hogy a vizsgálati paramétereket figyelembe véve leggyorsabb IDEXX (colilert, pseudoalert, stb.) módszer alkalmas a mikroorganizmusok gyors és pontos kimutatására, melyek alkalmazásával egy katasztrófahelyzetben, illetve terepi körülmények során a lehető leghamarabb lehet információval ellátni a döntéshozókat.
2. A Magyarországon elérhető mikrobiológiai vízvizsgálati eljárásra alkalmazott módszerek és tesztek **összehasonlító elemzésével bizonyítottam**, hogy dolgozatom 3. fejezetében bemutatott mikrobiológiai vízvizsgálati módszerek a hazai szervezeti-és intézményrendszerbe szervesen adaptálhatók, kidolgoztam azok rendszerbe történő illesztésének lehetséges lépéseit.
3. **Laboratóriumi vizsgálattal igazoltam**, hogy a szénsavmentes palackozott ásványvizek mikrobiológiai állapota a tárolás során jelentősen romlott, ezért **kidolgoztam** egy javító intézkedés bevezetését szorgalmazó tervezetet, mellyel a jelenlegi rendszer működése során előforduló kockázatokat lehet csökkenteni. Ezzel az eljárással a palackozott ásványvizek tárolása és szállítása során felmerülő mikrobiológiai hiányosságokat lehet mérsékelni, ez által garantálva a megfelelő élelmiszerbiztonságot.
4. **Gyakorlati kísérletekkel bizonyítottam**, hogy az alapvetően ivóvizek mikrobiológiai vizsgálatára készített IDEXX (colilert, pseudoalert) vizsgálati tesztek megfelelő hígítás alkalmazása esetén alkalmasak az élővizek mikrobiális állapotának felmérésére. Validálás után az eredményeket összevetve a hagyományos tenyésztéses eljárással, **igazoltam,** hogy az eredmények tűréshatáron belül vannak, viszont az IDEXX módszer időben lényegesen gyorsabb.

A KUTATÁSI EREDMÉNYEK GYAKORLATI FELHASZNÁLHATÓSÁGA

Az értekezésben foglalt vizsgálataim során olyan észrevételekre, hiányosságokra kerestem a választ az ivóvízellátás és az ivóvízvizsgálatok során, amelyek a hazai útmutatókban és előírásokban nem megfelelően kerülnek szabályozásra. Ezen észrevételek alkalmazása a katasztrófahelyzetekben, illetve laboratóriumi körülmények között hatékonyabb, dinamikusabb vízvizsgálati metódust eredményeznek. Ezek felhasználhatók többek között a katasztrófavédelem szakterületén belül, veszélyhelyzetben történő vízvizsgálatoknál, valamint a környezetvédelmi hatósági méréseknél. Kutatási eredményeim gyakorlatba való átültetése elsősorban a kockázatok elemzéséhez köthetők.

A vízvizsgálatra alkalmas mikrobiológiai módszereket komplex módon vizsgáltam és egy több szempontú súlyozási rendszert alakítottam ki, melynek segítségével az egyes helyzetekben könnyebb kiválasztani az adott körülményekhez legmegfelelőbb módszert.

A gyakorlatban általam tesztelt és vizsgálati eredményekkel igazolt mérésekkel rávilágítottam arra, hogy a szabványokban előírt vízvizsgálati módszereken túl egyéb eljárások is alkalmasak mind az ivóvíz, mind pedig a természetes vizek mikrobiológiai állapotának felmérése rövidebb idő alatt.

Felhívtam a figyelmet a természetes ásványvizekkel kapcsolatban olyan tényre, amely a jogszabályi háttérben nem megfelelően került megfogalmazásra. Ennek hiánya komoly kockázatokat rejthet magában. A palackozott ásványvizek esetén nincs kielégítő szabályozás az eltarthatósági idő teljes intervallumában, amely mikrobiológiai és ez által élelmiszer-biztonsági kockázatokat rejthet magában. A megfelelő és minden paraméterre kiterjedő jogszabályi háttér megalkotásával garantálható lenne az egészséges és biztonságos palackozott ásványvizek elérése a kereskedelmi forgalomban.

Következtetéseimben megállapítottam, hogy célszerű lenne létrehozni és működtetni egy mobil, telepíthető víztisztító állomást, mely hatékony segítséget nyújtana katasztrófahelyzetben, vízszennyezés esetén, akár tervezett vagy váratlanul bekövetkezett vízszolgáltatás kimaradása, illetve akadályoztatása esetén is. Ezzel minden körülmények között megoldható lenne a lakosság zavartalan ivóvízellátása.

A disszertáció egyes fejezetei, témakörei, illetve legfőképp az egyes részkövetkeztetések alkalmasak ismeretterjesztő és lakosságtájékoztatási funkció betöltésére is, mellyel növelhető a fogyasztói tudatosság.

AJÁNLÁSOK

A PhD értekezésemben megfogalmazott eredményeket ajánlom elsősorban a jogszabályalkotók figyelmébe. A dolgozatomban elvégzett kutatások és vizsgálatok eredményei is segítséget nyújthatnak a jelenleg rendelkezésre álló útmutatók és szabályzatok mellett. A megfogalmazott észrevételeim alapul szolgálhatnak a már meglévő jogszabályok, előírások felülvizsgálata, átdolgozása során.

Javaslom az értekezésemben leírt eljárásmód alkalmazását mindazon személyeknek, laboratóriumi dolgozóknak, akik vízminőség vizsgálattal foglalkoznak, felhívva a figyelmet arra, hogy a hagyományos vizsgálatokkal szemben helyezzék előtérbe az újabb típusú mikrobiológiai vízvizsgálati módszereket. Hiszen az ivóvizek mellett a felszíni vizek vizsgálatánál is eredményesen lehet ezen eljárásokat alkalmazni.

A disszertációm anyaga hasznos segédlet lehet a környezetvédelem, a katasztrófavédelem, illetve a honvédelem területén dolgozó szakembereknek, akik részt vállalnak a vízszennyezésekkel kapcsolatos vizsgálatok, a felszámolás és a kármentesítés folyamatában.

A gyakorlati felhasználhatóság miatt értekezésem hasznos segédlet lehet a víziközmű-szolgáltatóknak, illetve a hatósági laboratóriumoknak a mikrobiológiai vízvizsgálati módszerek helyes megválasztása érdekében.

Disszertációm kiváló alapot képez a szakirányú felsőoktatási képzésben és továbbképzésben résztvevők számára.

Ajánlom dolgozatomat további kutatások elvégzéséhez, hiszen vizsgálataim megfelelő kiindulási alapul szolgálnak a témában.

A TÉMAKÖRBŐL KÉSZÜLT PUBLIKÁCIÓIM

Lektorált folyóiratban megjelent cikkek

1. Takács Krisztina: Analysis of microbiological methods applicable to water testing in our country. Hadmérnök XV 1 (2020) 221-231.
2. Takács Krisztina, Kuti Rajmund. Extrém esőzések következtében kialakult csapadéktöbblet kezelésének tapasztalatai Győrben, Országos Települési Csapadékvíz-gazdálkodási Konferencia tanulmányai, Budapest, Dialóg Campus Kiadó, (2019) pp. 288-295.
3. Takács Krisztina: Protection of water based and water abstraction sites in Hungary based on studies in Győr. Hadmérnök XIV 1 (2019) 192-203.
4. Takács Krisztina: Marcal folyó mikrobiális állapotának vizsgálata a vörösiszap katasztrófa tükrében. Hadmérnök, XIII 3 (2018) 290-305.
5. Takács Krisztina: Ivóvízellátás biztosításának típusai és annak biztonsági kérdései. Hadmérnök, XIII 2 (2018) 315-325.
6. Kuti Rajmund, Horváth Galina, Takács Krisztina: ФАКТОРЫ РИСКА ПРИ ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ ПОГОДНЫХ УСЛОВИЯХ В ВЕНГРИИ, “СИСТЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ – 2017” (ISSSC 2017): МАТЕРИАЛЫ, ISSN 2305-6711, Двадцать шестой международной научно-технической конференции, 440 p.
7. Takács Krisztina: Győr város ivóvízforrásainak összehasonlító mikrobiológiai vizsgálata. Hadmérnök, XII 1 (különszám) (2017) 159–168.
8. Takács Krisztina, Kuti Rajmund: Fenntartható vízellátás biztosításának aktuális kérdései. Védelem Tudomány, Katasztrófavédelmi Online Tudományos Folyóirat, II 2 (2017) 304–317.
9. Grósz Zoltán, Kuti Rajmund, Takács Krisztina: Biológiai fertőtlenítő anyagokkal szemben támasztott követelmények. Hadmérnök, XI 2 (2016) 62–69.

HIVATKOZOTT IRODALOMJEGYZÉK

[1] Bodáné Kendrovics Rita: Vízminőség-védelem gyakorlati oktatási metodika fejlesztése a műszaki felsőoktatásban, Doktori (PhD) értekezés, Nyugat-magyarországi Egyetem, Sopron, 2012.

[2] 1995. évi LVII. törvény a vízgazdálkodásról

[3] Takács Krisztina, Kuti Rajmund: Fenntartható vízellátás biztosításának aktuális kérdései. Védelem Tudomány, Katasztrófavédelmi Online Tudományos Folyóirat II. évf. 2. szám 2017. p. 304-317.

[4] 2080/2008. (VI. 30.) Kormányhatározat a Kritikus Infrastruktúra Védelem Nemzeti Programjáról.

[5] Szalkai-Széll Attila: Az édesvízhiány hatása a világbiztonságra, különös tekintettel a Közel-Keletre, Doktori (PhD) értekezés, Nemzeti Közszolgálati Egyetem, Budapest, 2012.

[6] Padányi József: Vízkonfliktusok, Hadtudomány; A Magyar Hadtudományi Társaság folyóirata 25 (E-szám); pp. 272-284., 2015.

[7] Padányi József: Egyre kevesebb ivóvíz, egyre több katonai konfliktus. In: Csengeri János, Krajnc Zoltán (szerk.): A hadtudomány és a hadviselés komplexitása a XXI. században. Nemzeti Közszolgálati Egyetem, Budapest, 2015.

[8] Norman Myers: Environmental Security Concerns. In.Stephen Stec, Besnik Baraj: Energy and Environmental Challenges to Security, Part of the series NATO Science for Peace and Security Series C: Environmental Security. Budapest: Springer, 2007.

[9] Szalkai Attila: Az édesvíz a fegyver konfliktusok hátterében Nyugat-és Dél-Afrika országaiban. Hadtudományi Szemle, 4. évf. 3. szám 2011., p. 99-106.

[10] Molden, D.: Water for food, Water for life. London: International Water Management Institute, 2007. http://www.fao.org/nr/water/docs/summary_synthesisbook.pdf (Letöltés ideje: 2017.04.27.)

[11] Jägerkog, A.: Improving regional cooperation on shared waters. IWA: The International Water Association. http://www.iwa-network.org/improving-regional-cooperation-on-shared-waters/ (Letöltés ideje: 2016.11.20.)

[12] Kátai-Urbán Lajos: Súlyos ipari balesetek megelőzését és a felkészülést célzó jogintézmények egységes rendszerbe foglalása, Hadmérnök IX. évf. 4. szám 2014. p. 94-105.

[13] Földi László, Halász László: Környezetbiztonság. Budapest: Complex Kiadó Kft., 2009. p. 103-138.

[14] Rakonczay Zoltán: Környezetvédelem. Budapest: Szaktudás Kiadó Ház, 2004. p. 39-48.

[15] Rakonczai János: Globális környezeti problémák. Szeged: Lazi Kiadó, 2003. p. 112-113.

[16] https://www.tantaki.hu/kemia/halmazallapotok (Letöltés ideje: 2020.03.12.)

[17] Kuti Rajmund: A víz tűzoltói felhasználhatóságának lehetőségei, korlátai. Védelem Online: Tűz- és Katasztrófavédelmi Szakkönyvtár 2015. p. 1-8.

[18] Báder Imre: Fizikai-kémiai laboratóriumi gyakorlatok, Miskolci Egyetemi Kiadó, 1998.

[19] Török Sándor: Vízellátás és szennyvízkezelés. Szent István Egyetem, 2011.

[20] Pregun Csaba, Juhász Csaba: Vízminőség, a Debreceni Egyetem Agrár- és Gazdálkodástudományok Centrum, http://www.agr.unideb.hu/ebook/vizminoseg/a_vz_fizikai_s_kmiai_tulajdonsgai.html (Letöltés ideje: 2019.11.30.)

[21] Fenntartható mezőgazdasági rendszerek és környezettechnológia, Online: http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0032_fenntarthato_mg_rendszerek_es_kornyezettechnologia/ch13.html (Letöltés ideje: 2019.11.30.)

[22] Rácz László, Tölgyessy György et al.(2002): Környezeti Kémia, EKF Líceum Kiadó, p. 246.

[23] Barótfi István (2003): Környezettechnika, Mezőgazda Kiadó, 982. p.

[24] Földi László, Halász László: Környezetbiztonság. Budapest: Complex Kiadó Kft., 2009. p. 103-138.

[25] Zseni Anikó: Vízvédelem. Universitas-Győr Nonprofit Kft., 2014.

[26] Csizmarik Gábor: Hidrobiológia. Szent István Egyetem. 2011.

[27] Zseni Anikó, Bulla Miklós: Vízminőségvédelem. Egyetemi jegyzet, Széchenyi István Egyetem, Győr, 2002.

[28] Rácz László István: Magyarország felszíni és felszín alatti vizeinek minősége, védelme. Hadmérnök, IX. évf. 2. szám 2014. p. 257–266.

[29] Horváth Imre: Vízellátás és csatornázás. Gödöllő, Szent István Egyetem, 2011. https://docplayer.hu/10386042-Vizellatas-es-csatornazas-horvath-imre.html (Letöltés ideje: 2019.12.09.)

[30] Dini, M., Tabesh, M.: Water distribution network quality model calibration; a case study: Ahar. Water Science and Technology: Water Supply, 16.évf 5. szám 2016. p.1–17.

[31] Pongrácz Rita, Bartholy Judit: Hidrológia, vízügy, vízgazdálkodás. Budapest: ELTE, 2013 (elektronikus egyetemi jegyzet) https://ttk.elte.hu/dstore/document/841/book.pdf (Letöltés ideje: 2020.04.27.)

[32] Magyar Víziközmű Szövetség: A magyar víziközmű ágazat bemutatása. Budapest: MaVíz, 2015. (Átfogó tanulmány) http://www.maviz.org/system/files/kpmg-maviz_vizikozmu_agazati_helyzetkep_20150513.pdf (Letöltés ideje: 2016.11.21.)

[33] Rakonczay Zoltán: Környezetvédelem. Budapest: Szaktudás Kiadó Ház, 2004.

[34] Hidrogeológiai alapfogalmak. https://regi.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop412A/2011_0059_SCORM_MFKHT5053/sco_01_01.scorm (Letöltés ideje: 2020.05.25.)

[35] Mádlné Szőnyi Judit: Hidreológia. Budapest: ELTE, 2013. (elektronikus egyetemi jegyzet) http://www.eltereader.hu/media/2014/05/Hidrogeologia_READER.pdf (Letöltés ideje: 2019. 11. 02.)

[36] Schmoll, O., Howard, G., et al.: Managing the Quality of Drinking-water Sources in Protecting Groundwater for Health. London: World Health Organization, 2006. https://www.who.int/water_sanitation_health/publications/protecting_groundwater/en/ (Letöltés ideje: 2016.11.02.)

[37] Nemzeti Népegészségügyi Központ: Magyarország ivóvízminősége, 2017. Budapest, 2019/3. https://www.antsz.hu/data/cms90078/Ivovizminoseg2017.pdf (Letöltés ideje: 2020.05.16.)

[38] Magyar Ásványvíz, Gyümölcslé és Üdítőital Szövetség hivatalos honlapja: http://www.asvanyvizek.hu/ (Letöltés ideje: 2017.03.09.)

[39] Sárváry Attila: Környezetegészségtan. Debreceni Egyetem, 2011.

[40] Liebe Pál: Felszín alatti vizeink. Ásványvizeink, hévizeink. A Miskolci Egyetem Közlemény, A sorozat, Bányászat, 72. kötet, Geotudományok. IV. Kárpát-medence Ásvány- és Gyógyvizei Konferencia. Miskolc, Egyetemi Kiadó, 2007. p. 25-36.

[41] Berek Tamás, Dénes Kálmán, Dávidovits Zsuzsanna.: Vízbiztonsági terv a katonai táborok vízellátásának rendszerében; Hadmérnök X. évf. 2.szám 2015. p. 108-121.

[42] Dávidovits Zsuzsanna: A lakossági ivóvízellátás környezetbiztonsági kockázatai csökkentésének lehetőségei és az ivóvízbiztonsági tervezés kapcsolatrendszere, Doktori (PhD) értekezés, Nemzeti Közszolgálati Egyetem, Budapest, 2015

[43] Országos Közegészségügyi Központ: Ivóvíz kiskáté, lakossági tájékoztató a gyakran ismételt kérdésekről, 2016. http://oki.antsz.hu/files/dokumentumtar/kiskate-2016-03.pdf (Letöltés ideje: 2017.04.05.)

[44] Állami Népegészségügyi és Tisztiorvosi Szolgálat: Magyarország ivóvízminőségi helyzete, 2011. http://oki.antsz.hu/files/dokumentumtar/ivoviz-minoseg-2011.pdf (Letöltés ideje: 2017.04.12.)

[45] Deák Tibor: Élelmmiszer- mikrobiológia. Mezőgazda Kiadó, 2006.

[46] Nemzeti Népegészségügyi Központ: Magyarország ivóvízminősége, 2017. Budapest, 2019/3. https://www.antsz.hu/data/cms90078/Ivovizminoseg2017.pdf (Letöltés ideje: 2020.05.16.)

[47] Balla Csaba, Siró István.: Élelmiszer-biztonság és-minőség I.. Mezőgazda Kiadó, 2007.

[48] 201/2001. (X. 25.) Kormányrendelet az ivóvíz minőségi követelményeiről és az ellenőrzés rendjéről

[49] 49/2015. (XI. 6.) EMMI rendelet a Legionella által okozott fertőzési kockázatot jelentő közegekre, illetve létesítményekre vonatkozó közegészségügyi előírásokról

[50] Turcsányi Gábor: Növénytan. Budapest: Szaktudás Kiadó Ház, 2005.

[51] https://tudomany.hu/cikkek/milyen-az-ivoviz-magyarorszagon-109563 (Letöltés ideje: 2020.05.17.

[52] Nádaskiné dr. Szakmár Katalin: Redox-potenciál mérésen alapuló gyors mikrobiológiai módszerek validálása és ipari alkalmazhatóságának vizsgálata, Budapest Corvinus Egyetem, Budapest, 200

[53] Boda Zsolt: Globális ökopolitika. Heikon Kiadó, 2004.

[54] Borszéki Béla: Ásványvizek. MÉTE Kiadó, 1998.

[55] Központi Statisztikai Hivatal: Statisztikai tükör. 2019. https://www.ksh.hu/docs/hun/xftp/stattukor/telepinfra/telepinfra18.pdf (Letöltés ideje: 2020.05.16.)

[56] Sipos László.: Ásványvízfogyasztási szokások elemzése és ásványvizek érzékszervi vizsgálata, Doktori (PhD) értekezés, Corvinus Egyetem, Budapest, 2009

[57] Laki Mihály: Az ásványvízpiac átalakulása. Közgazdasági Szemle, 2004.

[58] Magyar Ásványvíz, Gyümölcslé és Üdítőital Szövetség hivatalos honlapja: https://asvanyvizek.hu/mit-kell-tudni-az-asvanyvizrol/asvanyviz-fogyasztasi-adatok/ (Letöltés ideje: 2020.02.29.)

[59] Nádasi Tamás, Udud Péter: Ásványvizek könyve. Budapest: Aquaprofit,2007.

[60] Zöldújság honlapja: https://zoldujsag.hu/csapviz-vagy-asvanyviz-119637 (Letöltés ideje: 2020.05.13.)

[61] Padányi József, Kállai Ernő: A vízellátás új technikai berendezése; Katonai Logisztika 13. évf 2. szám 2005. p. 190-201..

[62] Berek Tamás, Dénes Kálmán, Szabó Sándor: ABV mentesítő gyakorlópálya vízellátásának kérdései; Katonai Műszaki Közlöny XXV. évf. 1. szám 2015. p.108-121..

[63] Berek Tamás, Dénes Kálmán, Dávidovits Zsuzsanna: Vízbiztonsági terv a katonai táborok vízellátásának rendszerében; Hadmérnök X. évf. 2. szám 2015. p. 108-121.

[64] Dénes Kálmán: Ideiglenes katonai táborok közműveinek tervezése, különös tekintettel a válságreagáló műveletekre és a környezetvédelemre, PhD Doktori értekezés, Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem Budapest, 2011

[65] Kállai Ernő: A Magyar Honvédség vízellátása, különös tekintettel a víztisztításra, Doktori (PhD) értekezés, Nemzeti Közszolgálati Egyetem, Budapest, 2013

[66] Belügyminisztérium Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság Honlapja, http://www.katasztrofavedelem.hu / (Letöltés ideje: 2017.04.27.)

[67] Kállai Ernő: Víztisztítás a Magyar Honvédségben. http://www.sija.hu/wp-content/uploads/2012/04/kallai_erno_viztisztatas_a_magyar_honvedsegben.pdf (Letöltés ideje: 2020.07.14.)

[68] Magyar Víziközmű Szövetség: A magyar vízközmű ágazat bemutatása. Budapest: MVSZ, 2015. (Átfogó tanulmány) http://www.maviz.org/system/files/kpmg-maviz_vizikozmu_agazati_helyzetkep_2._kiadas_2015_aug.pdf (Letöltés ideje: 2020.03.16.)

[69] Vágner Szabolcs: Terepjáró képesség fejlesztése a Magyar Honvédségben. Katonai Logisztika 1-2. szám 2018. p.194-227.

[70] Kállai Ernő: A Magyar Honvédség műveleti vízellátásának logisztikai feladatai. Hadtudományi Szemle 6. évf. 3. szám 2013 p.29-39.

[71] Takács Krisztina: Ivóvízellátás biztosításának típusai és annak biztonsági kérdései, Hadmérnök XIII. évf. 2. szám 2018. p. 312-325.

[72] Kvassay Jenő Terv 2015-A nemzeti vízstratégia bemutatása és társadalmi véleményezése. Az Országos Vízügyi Főigazgatóság és a Dél-Zalai Víz- és Csatornamű Zrt. közös fóruma. https://www.vizugy.hu/vizstrategia/documents/presentations/87129610-F1B1-40F3-AB63-FCB6219A2FA2/0914_KJT_Nagykanizsa_eloadas_KJT_frissitett.pdf (Letöltés ideje: 2020.03.02.)

[73] 1995. évi LVII. törvény a vízgazdálkodásról

[74] 123/1997. (VII. 18.) Kormányrendelet a vízbázisok, a távlati vízbázisok, valamint az ivóvízellátást szolgáló vízi létesítmények védelméről

[75] Nagyághy Csilla: Duna parti szűrésű ivóvíz kutak víztisztító kapacitásának vizsgálata. Előadás http://kornyezet.elte.hu/cimlap/hu/kornytan/Zarovizsga/Vedes_prez/120625/NagyaghyCsilla.pdf (Letöltés ideje: 2020.03.05.)

[76] Kaluzsa Anikó, Kuti Rajmund, Berek Tamás,: Biztonsági szempontok a vízellátásban, Műszaki Katonai Közlöny XXVIII. évf. 2. szám 2018. p. 307-316.

[77] Magyar Tudományos Akadémia: Magyarország vízgazdálkodása: helyzetkép és stratégiai feladatok. Budapest, 2011.

http://old.mta.hu/data/Strategiai_konyvek/viz/viz_net.pdf (Letöltés ideje: 2020.05.17.)

[78] Kereszty Balázs: Vízellátás – Csatornázás. Budapest, Műegyetemi Kiadó, 2003

[79] 65/2004. (IV.27.) FVM.ESzCsM-GKM együttes rendeletet a természetes ásványvíz, a forrásvíz, az ivóvíz, az ásványi anyagokkal dúsított ivóvíz és az ízesített víz palackozásának és forgalomba hozatalának szabályairól

[80] Simándi Péter: Szennyvíztisztítási technológiák I.. Szent István Egyetem, 2011.

[81] Padányi József (2013): National defence research on the effects of climate change. Hadtudomány, a Magyar Hadtudományi Társaság Folyóirata, 1. szám 2013. p. 30-40.

[82] Mógor Judit: Katasztrófavédelem. Budapest: Complex Kiadó, 2009.

[83] 234/2011. (XI.10.) Kormányrendelet a katasztrófavédelemről és a hozzá kapcsolódó egyes törvények módosításáról szóló 2011. évi CXXVIII. törvény végrehajtásáról

[84] Máttyus Sándor: Vízellátás. Budapest: General Press, 2008

[85] Hq Pharna Kft. honlapja: http://hqpharma.hu/szuresi-elv.htm (Letöltés ideje: 2020.02.15.)

[86] Roman Neuenteufel, Benedikt Schmidt, Reinhard Perfler: Neue Konzepte des Einsatzes der Ultrafiltration zur Entferunk von Mikroorganismenn. In. Trinkwasserversorgung- Herausforderung und Innovation. Wien: Institut für Siedlungswsserbau, Industriewasserwirtschaft und Gewässerschutz Universität für Bodenkultur, 2016.

[87] Ice Water honlapja: http://icewater.hu/szurestechnologiak/ (Letöltés ideje: 2020.03.19.)

[88] Hornyacsek Júlia: Az éghajlatváltozás hatása a hazai településekre és a lakosság biztonságára a települési jellemzők tükrében. In: Földi, László; Hegedűs, Hajnalka (szerk.) Adaptációs lehetőségek az éghajlatváltozás következményeihez a közszolgálat területén Budapest, Magyarország: Nemzeti Közszolgálati Egyetem, 2019. p. 429-467.

[89] Nagy László: Árvízvédekezés a településeken, Innove Print Kft. Budapest,2010. p. 248.

[90] Teknős László, Kóródi Gyula: A vízzel kapcsolatos veszélyeztetettség éghajlatváltozással kapcsolatos aspektusainak katasztrófavédelmi szempontú elemzése és kiértéke-lése I.. Hadmérnök XI. évf. 2. szám 2016. p. 99-108.

[91] Országos Vízügyi Főigazgatóság honlapja: http://www.ovf.hu/hu/arvizvedelem-1 (Letöltés ideje: 2020.03.26.)

[92] Ligetvári Krisztina: Magyarország vízbiztonsági problémái a világ- és Európai Uniós tendenciák tükrében. Hadtudomány 23. évf. 1. szám 2013. p. 4-13.

[93] Sárváry Attila: Környezetegészségtan. 2011, Budapest. https://regi.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0019_1A_Kornyezetegeszsegtan/ch02.html (Letöltés ideje: 2020.03.12.)

[94] Kaluzsa Anikó: Az árvízi védekezések munkálatai, valamint az árvíz hatása az ivóvízellátásra, különös tekintettel a parti szűrésű kutakra, Műszaki Katonai Közlöny 2. szám 2016. p. 49- 58. https://mkk.uni-nke.hu/document/mkk-uni-nke-hu/2016_2_004_Kaluzsa%20Aniko.pdf (Letöltés ideje: 2020. 04. 21.)

[95] Bárdos Zoltán, Muhoray Árpád.: A belvíz kialakulása és az ellene való védekezés lehetőségének vizsgálata, Hadmérnök VII. évfolyam, 1. szám 2012. p. 78.90.

[96] Kuti Rajmund: A globális felmelegedés hatására kialakuló szélsőséges időjárási jelenségek megjelenési formái és következményei Magyarországon. In: Földi, László; Hegedűs, Hajnalka (szerk.) Adaptációs lehetőségek az éghajlatváltozás következményeihez a közszolgálat területén Budapest, Magyarország: Nemzeti Közszolgálati Egyetem, 2019. p. 413-428.

[97] Bíró Tibor: A hazai belvízkutatás néhány időszerű kérdése, Hidrológiai Közlöny, 96. évf. 2. szám 2016. p.5- 12.

[98] Varga Miklós, Váradi József: Vízvisszatartás – tározás – vidékfejlesztés, MTA Történettudományi Intézet – MTA Társadalomkutató Központ, Budapest, 2010, p. 97.

[99] Hegedűs Hajnalka: A felszín alatti vizek szennyezéseinek eltávolítása, a vízminőségi kárelhárítás módszerei 1. rész, Hadmérnök XII. évf. 1. szám 2017. p.72-83.

[100] Berek Tamás: A vízbiztonsági tervezés szerepe a fenntartható vízgazdálkodásban. Műszaki Katonai Közlöny, XXVI. évf. 2. szám 2016. p. 32-48.

[101] Kuti Rajmund, Földi László: Extreme weather phenomena, improvement of preparedness, Hadmérnök VII. évf. 3. szám 2012. p. 60-65.

[102] 219/2004. (VII. 21.) Kormányrendelet a felszín alatti vizek védelméről (Letöltés ideje: 2015.03.27.)

[103] Halász László, Földi László: Környezetvédelem II., ZMNE-BJKMK, ABV Tanszék, Budapest, 2007

[104] Giczi István: Vízellátás katasztrófahelyzetben. Hadmérnök V. évf. 2. szám 2010. p.127-137.

[105] https://moderngazda.hu/wp-content/uploads/2018/02/watersafe-10-param%C3%A9teres-teszt-300x160.png (Letöltés ideje: 2020.05.02.)

[106] Navas, J., Ortiz, S. et al.: Evaluation of effects of primary and secondary enrichment for the detection of Listeria monocytogenes by real-time PCR in retail ground chicken meat, Foodborne Pathog. Dis.,2006 3. p.347-354.

[107] Wunderlich Lívius: Molekuláris biológiai technikák. Typotex Kiadó, 2014 https://regi.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop412A/2011_0079_wunderlich_molbio/ch07s12.html (Letöltés ideje: 2020.05.18.)

[108] Tóth Erika, Borsodi Andrea et al.: Klasszikus és molekuláris mikrobiológiai laboratóriumi gyakorlatok. Elektronikus jegyzet. Eötvös Loránd Tudományegyetem Természettudományi Kar Biológiai Intézet Mikrobiológiai Tanszék. Budapest, 2018. https://ttk.elte.hu/dstore/document/1152/KLASSZ_MOL_MIK_LAB_GYAK_2018_ISBN.pdf

[109] http://www.arachem.com.my/index.php?cat=1173 (Letöltés ideje: 2019. 03.02.)

[110] Kapetanovic, D. et al.: Occurrence, characterization and antimicrobial susceptibility of Vibrio alginolyticus in the Eastern Adriatic Sea. Marine Pollution Bulletin,75. 2013. p.46–52.

[111] Reskóné dr. Nagy Mária, Dömötör Szilveszter: Gyors vizsgálati módszerek a víz mikrobiológiai ellenőrzésében. Hungalimentaria- Budapest, 2015. https://docplayer.hu/282216-Gyors-vizsgalati-modszerek-a-viz-mikrobiologiai-ellenorzeseben.html (Letöltés ideje: 2019.02.16.)

[112] Pisciotta, J.M. et. al: Marine bacteria cause false-positive results in the Colilert-18 rapid identification test for Escherichia coli in Florida waters. Appl Environ Microbiol. 68.évf. 2. szám 2002. p.539-44.

[113] https://www.idexx.com/en/water/products/?cy=y_category_252&ts=all (Letöltés ideje: 2019.02.04.)

[114] Merck hivatalos honlapja: https://www.merckmillipore.com/HU/hu/product/Lead-Test,MDA_CHEM-110077 (Letöltés ideje: 2020.04.13.)

[115] Horváth Gábor: A NATO Reagáló Erő, Valóságos katonai erő vagy politikai próbakő? Nemzet és Biztonság. 4.szám 2008 p.58-66. o. http://www.nemzetesbiztonsag.hu/cikkek/horvath_gabor-a_nato_reagalo_er__.pdf (Letöltés ideje: 2020.05.20.)

[116] Erdősi Orsolya: Gyors mikrobiológiai módszerek fejlesztése és alkalmazása élelmiszer- és környezet- higiéniai vizsgálatokban, Doktori (PhD) értekezés, Szent István Egyetem, Budapest, 2014

[117] Asim K. Bej. et.al: Detection of Coliform Bacteria in Water by Polymerase Chain Reaction and Gene Probes. Applied and Environmental Microbiology. 56.évf. 2. szám 1990. p.307-314.

[118] Sarah Maddocks, Rowena Jenkins: Understanding PCR. Academic Press 2016. p.98.

[119] Reinhard Sting et.al: Rapid and reasonable molecular identification of bacteria and fungi in microbiological diagnostics using rapid real-time PCR and Sanger sequencing. Jorunal of Microbiological Methods, 159. szám 2019. p.148-156.

[120] Kuti Rajmund: Intézkedési program belvízvédekezési munkálatokhoz, Védelem Online, Tűz-és Katasztrófavédelmi Szakkönyvtár, 67. szám 2007. p. 1-12. http://www.vedelem.hu/letoltes/anyagok/67-intezkedesi-program-belviz-vedekezeshez.pdf (Letöltés ideje: 2019. 04. 12.)

[121] Kuti Rajmund: Mentesítési feladatok új dimenziói, Bolyai Szemle 16. évf. 1. szám 2007. p. 62-67. http://archiv.uni-nke.hu/downloads/bsz/bszemle2007/1/05%20Kuti.pdf (Letöltés ideje: 2019. 04. 12.)

[122] GFK Hungária Piackutató Kft. hivatalos honlapja: http://www.gfk.com/hu/ (Letöltés dátuma: 2017.11.07.)

[123] Medián Közvélemény-és Piackutató Intézet hivatalos honlapja: http://median.hu/object.67ef66df-87e5-4609-8da9-07f741094022.ivy (Letöltés dátuma: 2017.11.07.)

[124] Mavridou Athena: Study of the bacterial flora of a non-carbonated natural water; Journal of Applied Bacterology 73.évf. 1992. p.355-361.

[125] Geoindex.hu, http://www.geoindex.hu/elemzesi-temakorok/vasarloero/varosreszek-teruleti-kulonbsegei-a-magyar-nagyvarosokban/attachment/varosresz-gyor-2015/ (letöltés ideje: 2020.03.14.)

[126] Takács Krisztina: Protection of water based and water abstraction sites in Hungary based on studies in Győr. Hadmérnök XIV. évf. 1. szám 2019. p.192-203.

[127] Takács Krisztina: Győr város ivóvízforrásainak összehasonlító mikrobiológiai vizsgálata Hadmérnök XII. évf. Különszám 2017. p.159-168.

[128] Pannon Víz Zrt. hivatalos honlapja https://www.pannon-viz.hu/cikk/mukodesi_teruletunk.html (Letöltés ideje: 2017.04.15.)

[129] Rajnai Zoltán, Rajnai Tamás: A víz és Magyarország, Budapest, 2012. p. 29-30.

[130] Takács Krisztina: Vízminőség mikrobiológiai szempontú nyomon követése a vízkitermelő helytől, a vízhasználat helyéig a Pannon-Víz Zrt. működési területén. XXXV. Országos Vándorgyűlés, Mosonmagyaróvár 2017.07. 5-7.

[131] Takács Krisztina: Marcal folyó mikrobiális állapotának vizsgálata a vörösiszap katasztrófa tükrében Hadmérnök 13. évf. 3. szám 2018. p. 290-305.

[132] Takács Krisztina: Analysis of microbiological methods applicable to water testing in our country. Hadmérnök XV 1 (2020) 221-231.

Ábrajegyzék

1. ábra: Vízhiányos területek a Földön
2. ábra: Víz halmazállapotai
3. ábra: Víz felületi feszültségének változása nedvesítés hatására
4. ábra: A globális vízhasználat alakulása ágazatonként a múltban és becsült értéke a jövőben, 1900-2025 időszakra, UNEP nyomán
5. ábra: Felszín alatti vízkészletek típusai
6. ábra: Felszíni vizek típusai
7. ábra: Hazai közműves ivóvízellátás megoszlása a nyersvíz eredete szerint
8. ábra: Víz körforgása
9. ábra: Ásvány-és gyógyvíz előfordulások (karszt)
10. ábra: Ásvány-és gyógyvíz előfordulások (porózus, medencebeli és hegyvidéki, nem termál)
11. ábra: Ásvány-és gyógyvíz előfordulások (porózus termál)
12. ábra: Ivóvízellátás egyszerűsített folyamatábrája
13. ábra: E. coli megfelelőség aránya településenkénti bontásban, 2017
14. ábra: Az ivóvízminőség változása a mikrobiológiai paraméterek vonatkozásában. Az egyes paraméterek megfelelősége százalékban van kifejezve 2013- 2017
15. ábra: Ivóvízminőséget veszélyeztető tényezők csoportosítása
16. ábra: Közüzemi ivóvízzel ellátott lakosság aránya megyénként, 2017
17. ábra: Közüzemi víztermelés és szolgáltatás Magyarországon 2000-2018 között
18. ábra: Ásványvíz fogyasztás alakulása Magyarországon 1979-2019 között
19. ábra: Ásványvíz fogyasztás megoszlása szénsav-tartalom szerint 2000-2019 között
20. ábra: Egyes vízfajták fogyasztásának megoszlása 2006-2019 között
21. ábra: Pannon-Víz Zrt. összehasonlító elemzése
22. ábra: ZENON mobil víztisztító berendezés telepítési vázlata
23. ábra: Tábori vízellátási rendszer folyamata
24. ábra: Vízgazdálkodás területei
25. ábra: Védőterületek felosztása
26. ábra: Katasztrófa kockázati mátrix

27. ábra: Membránszűrés típusai
28. ábra: Magyarországi vízveszélyek
29. ábra: Hazánk árvízi veszélyeztetettsége, 1 ezrelékes elöntési valószínűséggel
30. ábra: Csápos kút
31. ábra: Magyarországi vízveszélyek
32. ábra: Özönvízszerű esőzések következményei
33. ábra: Hígítási sor készítése
34. ábra: Víz különböző paramétereinek meghatározása gyorsteszttel
35. ábra: PCR real- time detektálása
36. ábra: Gyorsanalitikai eszközök
37. ábra: Vízszennyezés vizsgálata katonai vonatkozásban
38. ábra: Szennyezőanyagok kimutatásának különböző szintjei
39. ábra: Telepszám meghatározása 22°C-on
40. ábra: Telepszám meghatározása 37°C-on
41. ábra: Pseudomonas aeruginosa meghatározása
42. ábra: Tenyésztéses eljárások- SWOT elemzés
43. ábra: IDEXX eljárás- SWOT elemzés
44. ábra: Az 1. kérdésre adott válaszok száma
45. ábra: A 2. kérdésre adott válaszok száma
46. ábra: A 3. kérdésre adott válaszok száma
47. ábra: A 4. kérdésre adott válaszok száma
48. ábra: Az 5. kérdésre adott válaszok száma
49. ábra: A 6. kérdésre adott válaszok száma
50. ábra: A 7. kérdésre adott válaszok száma
51. ábra: Győr városrészei
52. ábra: Kifogásolt mintákban előforduló mikroorganizmusok
53. ábra: Kifogásolt minták hónapok szerinti elrendeződése
54. ábra: E. coli jelenléte havi bontásban
55. ábra: Enterococcus jelenléte havi bontásban
56. ábra: 22°C-on mért telepszám havi bontásban
57. ábra: 37°C-on mért telepszám havi bontásban
58. ábra: Coliform jelenléte havi bontásban
59. ábra: Pseudomonas aeruginosa jelenléte havi bontásban
60. ábra: Pannon-Víz Zrt. működési területe

61. ábra: Kifogásolt minták megoszlása 1.
62. ábra: Kifogásolt minták megoszlása 2.
63. ábra: Mintavétel helye a Marcal folyónál
64. ábra: Mintavétel helye a Lajta folyónál
65. ábra: Marcal és Lajta folyó Coliform tartalma IDEXX módszerrel
66. ábra: Marcal és Lajta folyó Coliform tartalma tenyésztéses módszerrel
67. ábra: Marcal és Lajta folyó E. coli tartalma IDEXX módszerrel
68. ábra: Marcal és Lajta folyó E. coli tartalma tenyésztéses módszerrel
69. ábra: Marcal és Lajta folyó Pseudomonas aeruginosa tartalma IDEXX módszerrel
70. ábra: Marcal és Lajta folyó Pseudomonas aeruginosa tartalma tenyésztéses módszerrel

Táblázatok jegyzéke

1. táblázat: Mikrobiológiai vízminőségi jellemzők határértékei
2. táblázat: ZENON víztisztító berendezések fontosabb paraméterei
3. táblázat: Mikrobiológiai vízminőségi jellemzők és a rájuk vonatkozó szabványok
4. táblázat: Vízvizsgálatra alkalmazható mikrobiológiai módszerek különböző szempontok alapján történő súlyozása
5. táblázat: Mintavételek helye, ideje
6. táblázat: Vízminták eredménye tenyésztéses eljárással
7. táblázat: Vízminták eredménye IDEXX eljárással
8. táblázat: Kifogásolt bakteriológiai minőségű palackozott ásványvíz minták száma (db) termékcsoportonként
9. táblázat: Győr területén levett minták száma városrészenként
10. táblázat: Városrészenkénti minták száma
11. táblázat: Marcal és Lajta folyó vizsgálati értékei
12. táblázat: Marcal és Lajta folyó vizsgálati eredményei 1.
13. táblázat: Marcal és Lajta folyó vizsgálati eredményei 2.

Képek jegyzéke

1. kép: Zászlóalj mobil víztisztító állomás
2. kép: Nagyteljesítményű víztisztító állomás
3. kép: H-18 ivóvíz- szállító tehergépkocsi 8 m3-es szállítókapacitással
4. kép: Ivóvíz- szállító utánfutó 1 m3-es szállítókapacitással
5. kép: Vízminták előkészítése
6. kép: Telepszámlálás tenyésztéses eljárásnál
7. kép: Minta előkészítése
8. kép: Vizsgálati metódus képekben
9. kép: Coliform kimutatása Colilert módszerrel 1.
10. kép: E. coli kimutatása Colilert módszerrel 1.
11. kép: Coliform kimutatása Colilert módszerrel 2.
12. kép: E. coli kimutatása Colilert módszerrel 2.

MELÉKLETEK

1. sz. Melléklet

Vizsgálati eredmények

Tenyésztéses eljárás	1. minta			2. minta			3. minta			4. minta			5. minta		
Telepszám 22°C-on	40	42	45	61	60	59	31	35	30	21	32	20	10	8	11
Telepszám 37°C-on	2	3	2	10	12	9	4	5	5	0	2	0	5	2	4
E.coli	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Enterococcus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ps. Aeruginosa	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	2	1	1	1	1

IDEXX eljárás	1. minta			2. minta			3. minta			4. minta			5. minta		
Telepszám 22°C-on	37	35	46	58	65	60	40	28	30	30	15	25	5	6	9
Telepszám 37°C-on	5	1	1	8	13	11	4	4	3	3	0	0	3	1	3
E.coli	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Enterococcus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ps. Aeruginosa	0	1	0	0	1	1	0	0	0	2	2	0	1	0	1

2. sz. Melléklet

Kérdőív- Vízfogyasztási szokások felmérése

1. Az Ön neme?
    - Nő
    - Férfi
2. Az Ön életkora:
    - 0-18
    - 19-34
    - 35-44
    - 45-59
    - 60 felett
3. Mennyi vizet (csapvíz, ásványvíz, szódavíz) fogyaszt átlagosan egy nap?
    - kevesebb, mint 1 liter
    - 1-2 liter
    - 2-3 liter
    - 3-4 liter
    - több, mint 4 liter
4. Az alábbiak közül melyiket részesíti előnyben?
    - Szénsavmentes ásványvíz
    - Szénsavas ásványvíz
    - Ízesített ásványvíz
5. Milyen gyakorisággal fogyaszt Ön ásványvizet?
    - Naponta
    - Hetente többször
    - Hetente egyszer
    - Kéthetente
    - Ritkábban
    - Soha
6. Kérem jelölje meg az Ön által legkedveltebb ásványvízmárkát!
    - NaturAqua
    - Nestlé Aquarel
    - Theodora

- Visegrádi
- Szentkirályi
- Egyéb:…

7. Milyen tényezők befolyásolják Önt az ásványvíz kiválasztásánál? (kérem, maximum hármat jelöljön)
    - Termék márkaneve
    - Termék ára
    - Termék íze
    - Termék minősége
    - Termék csomagolása
    - Egészségre gyakorol hatás
    - Saját tapasztalap
    - Mások ajánlása

3. sz. Melléklet

Vizsgálati eredmények

	Szénsavas ásványvíz minták																			
Vizsgálati paraméter	**1.**	**2.**	**3.**	**4.**	**5.**	**6.**	**7.**	**8.**	**9.**	**10.**	**11.**	**12.**	**13.**	**14.**	**15.**	**16.**	**17.**	**18.**	**19.**	**20.**
Aerob telepszám 22°C-on	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Aerob telepszám 37°C-on	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Coliform baktériumok	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Escherichia coli	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Enterococcus spp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pseudomonas aeruginosa	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mezofil szulfitredukáló Clostridiumok	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

	Szénsavmentes ásványvíz minták																			
Vizsgálati paraméter	**1.**	**2.**	**3.**	**4.**	**5.**	**6.**	**7.**	**8.**	**9.**	**10.**	**11.**	**12.**	**13.**	**14.**	**15.**	**16.**	**17.**	**18.**	**19.**	**20.**
Aerob telepszám 22°C-on	0.	1	1	0	1	1	0	1	0	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	0
Aerob telepszám 37°C-on	0	1	1	0	1	0	0	1	0	1	1	0	1	0	1	1	0	1	1	0
Coliform baktériumok	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Escherichia coli	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Enterococcus spp.	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Pseudomonas aeruginosa	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0
Mezofil szulfitredukáló Clostridiumok	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

4. sz. Melléklet

Vizsgálati eredmények

	Coliform- Marcal								Coliform- Lajta							
	IDEXX módszer				Tenyésztés módszer				IDEXX módszer				Tenyésztés módszer			
	1.	2.	3.	átlag	1.	2.	3.	átlag	1.	2.	3.	átlag	1.	2.	3.	átlag
2016.február	15,7	16,8	17,6	**16,7**	16	12	14	**14**	16,5	14,5	16,5	**15,8**	18	13	17	**16**
2016.május	74,8	73,2	73,5	**73,8**	78	68	64	**70**	22,3	19,8	19,9	**20,7**	20	16	18	**18**
2016.július	198	202,3	201,2	**200,5**	201	197	188	**195**	103,8	98,9	102,9	**101,9**	93	93	87	**91**
2016.október	128,4	130,6	135,2	**131,4**	116	128	131	**125**	76,9	74,6	78,1	**76,5**	76	82	76	**78**

	E.coli- Marcal								E.coli- Lajta							
	IDEXX módszer				Tenyésztés módszer				IDEXX módszer				Tenyésztés módszer			
	1.	2.	3.	átlag	1.	2.	3.	átlag	1.	2.	3.	átlag	1.	2.	3.	átlag
2016.február	0,76	0,83	0,95	**0,85**	1	1	1	**1**	0,98	1,12	1,09	**1,06**	1	1	1	**1**
2016.május	1,29	1,39	1,43	**1,37**	1	1	1	**1**	1,98	1,85	2,35	**2,06**	2	3	1	**2**
2016.július	1,6	6,6	3,8	**4**	3	4	5	**4**	8,16	7,45	7,95	**7,85**	8	6	7	**7**
2016.október	4,26	3,16	2,93	**3,45**	3	4	2	**3**	4,98	5,89	5,61	**5,49**	6	4	5	**5**

	Pseudomonas a.- Marcal								Pseudomonas a.- Lajta							
	IDEXX módszer				Tenyésztés módszer				IDEXX módszer				Tenyésztés módszer			
	1.	2.	3.	átlag	1.	2.	3.	átlag	1.	2.	3.	átlag	1.	2.	3.	átlag
2016.február	0,11	0,21	0,13	**0,15**	1	1	1	**1**	0,34	0,18	0,15	**0,22**	1	1	1	**1**
2016.május	0,46	0,59	0,65	**0,57**	1	1	1	**1**	1,83	1,65	1,76	**1,75**	1	3	2	**2**
2016.július	7,01	6,17	6,01	**6,4**	8	4	6	**6**	14,1	13,2	13,8	**13,7**	17	13	15	**15**
2016.október	2,31	2,16	1,83	**2,1**	3	1	2	**2**	6,74	7,02	6,65	**6,8**	7	6	8	**7**