

Kari Tudományos Diákköri Konferencia

Nemzeti Közszolgálati Egyetem

Rendészettudományi Kar

**Az ivóvízkezelésnél alkalmazott veszélyes vegyi anyagok
lehetséges új alternatívái, különös tekintettel az új technológiákra**

Jelige: *A tiszta, jó minőségű ivóvíz az egyik legnagyobb kincsünk*

Pályamunka lezárása: 2024. szeptember

2024.

Tartalomjegyzék

1.	Bevezetés	4
1.1	Témaválasztásom indoka	4
1.2	Témaválasztásom aktualitása	5
1.3	Kutatási módszereim	5
1.4	Célkitűzéseim	5
2.	Magyarország ivóvízellátásának kialakulása és módszerei a kezdetektől napjainkig	6
2.1	A víz összetétele	6
2.2	Az ivóvíz meghatározása, követelményei	8
2.3	Az ivóvízben lévő legfontosabb összetevők és az emberi szervezetre gyakorolt hatásuk	
2.4	Vízbázisok Magyarországon	9
2.5	Az ivóvíztisztítás általános menete	11
2.6	Az ivóvízellátás története Magyarországon	13
2.6.1	Az ivóvíz ellátás kezdete a Kárpát medencében	13
2.6.2	A közműves ivóvízhálózat kialakulása a 20. században Magyarországon	17
2.6.3	A rendszerváltás utáni változások a magyarországi ivóvízellátásban	20
2.7	Vegyí anyagok használata az ivóvízkezelés során	21
2.8	A klórgáz használata az ivóvízkezelés során	22
2.9	A klórozás folyamata a Foktő-barákai vízműben, riport	24
2.10	Az ivóvíz fertőtlenítésére használható további vegyi anyagok	30
2.11	Az ivóvízfertőtlenítés vegyi anyagok nélküli megoldásai	31
3.	Magyarországon lehetséges káresemények utáni ivóvízellátás	36
3.1	Árvíz esetén történő ivóvízszennyeződés	36
3.2	Aszályok hatása az ivóvízellátásra	37
3.3	Ipari katasztrófák esetén lehetséges ivóvízszennyeződés	38
4.	Fenntartható ivóvízhasználat, az ivóvíztisztítás jövője Magyarországon	40
4.1	A magyarországi ivóvízellátás jövőbeli problémái	40
4.2	Kérdőív a víztakarékosságról és fenntartható vízhasználatról	42
4.3	Jelenleg használt víztakarékossági, ivóvízmegővást segítő megoldások Magyarországon	45
4.4	Lehetséges jövőbeli megoldások	46
5.	Javaslataim	49
6.	Összegzés	52

7.	Vonatkozó jogszabályok	54
8.	Ábrajegyzék	56
9.	Felhasznált Irodalmak	57

1. Bevezetés

Az ivóvíz nélkülözhetetlen része az életünknek, olyannyira, hogy ivóvíz nélkül nem lenne élet. Ezért is kiemelten fontos az éloszervezetek, így az emberek számára is a tiszta, jó minőségű ivóvíz biztosítása. Az emberi szervezet nagyjából 60-70 százalékban vízből áll, a megfelelő mennyiségű és minőségű folyadék pótlása nélkül a működésben komoly problémák léphetnek fel. A jó minőségű, tiszta ivóvíz ezért létszükséglet számunkra, aminek biztosítása komoly, összefüggő és nehéz feladat. A Föld összes vízkészletének nagyjából 0,5 százaléka hasznosítható ivóvízként, ezért erre a kevés mennyiségre nagyon kell vigyáznunk. A jelenleg élő teljes emberiség körülbelül egy harmada nem jut megfelelő minőségű ivóvízhez, ez a probléma főként a fejlődő országokat érinti. Magyarországon az ivóvízellátás jó minőségű, folyamatos és szinte az egész ország területére kiterjed, viszont ez nem volt mindig így, és nem biztos, hogy mindig így is lesz. A közműves ivóvízellátás csak az elmúlt néhány évtizedben épült ki és a jelenlegi ivóvízfelhasználásunk előreláthatólag a jövőben nem lesz fenntartható. Számos olyan tényező van, ami az ivóvízellátás biztonságát veszélyezteti napjainkban. A növekvő vízigények további problémákat okoznak, mivel az évről évre nagyobb mennyiségű lakossági, ipari és mezőgazdasági vízfelhasználás az ivóvízbázisokra nézve egyre nagyobb terhelést jelent. A jelenleg használt ivóvízkezelési módszerek részeként olyan veszélyes vegyi anyagokat is használunk az ivóvíztisztítás során, amik veszélyesek lehetnek a környezetre és ránk nézve is, viszont létezik számos olyan új technológia, ami korszerűen, vegyi anyagok használata nélkül képes elvégezni az ivóvíz emberi fogyasztásra alkalmassá tételét, továbbá számos olyan technológia van kialakulóban, ami megoldást jelenthet az ivóvízellátás jövőbeli problémáira.

1.1 Témaválasztásom indoka

Az ivóvízkezelés folyamata számomra mindig érdekes, viszont nehezen érthető folyamat volt. Az ivóvíztakarékossági kampányok részeként hallottam a folyamat egyes részéről, viszont egészében nem értettem meg hogyan kerül a tiszta ivóvíz az otthonunkba. Az alkalmazott kémia tantárgy keretén belül szó esett a víz összetételéről és különleges tulajdonságairól, valamint az ivóvíztisztítás során alkalmazott klórgázról és hatásairól. Ezek után kezdtem el ismét érdeklődni az ivóvíz eredetéről, tisztításának módszereiről és azon új technológiák felől, amik nem használnak veszélyes anyagokat. Különösen érdekelt a mai közműves ivóvízellátórendszer kialakulása a kezdetektől, és megszerettem volna tudni, hogy a jövőben milyen biztonságosabb ivóvízkezelési módszerek lesznek alkalmazhatók.

1.2 Témaválasztásom aktualitása

Napjainkban az ivóvízkezelés egy igencsak napirenden lévő téma. Az ivóvízellátás problémái nemcsak világszinten, hanem hazai szinten is érezhetőek. Az éghajlatváltozás miatt bekövetkező szélsőséges időjárási és csapadékeloszlási viszonyok negatívan hatnak az ivóvízkészletek regenerálódására. Az emberi tevékenység következtében bekövetkező szennyezések és katasztrófák pedig szintén az ivóvízkészletek fogyásához járulnak hozzá.

1.3 Kutatási módszereim

A kutatási módszerem része, hogy áttekintem a témában íródott releváns szakirodalmakat, továbbá kérdőív indításával a lakosság tájékozottságát kívántam felmérni az ivóvízkezelés témájában.

1.4 Célkitűzéseim

Elsődleges célom, hogy az eddig használt veszélyes vegyi anyagokkal történő ivóvízkezelést bemutassam, és használható, új, vegyi anyagok nélküli alternatívákat találjak. A dolgozatom elkészítése során szeretnék olyan megoldásokat találni, ami a magyarországi ivóvízellátás jövőbeli problémáinak leküzdése érdekében kevesebb ivóvízfelhasználást tesz lehetővé mind a lakossági, mind az ipari és mezőgazdasági ivóvízfogyasztásban.

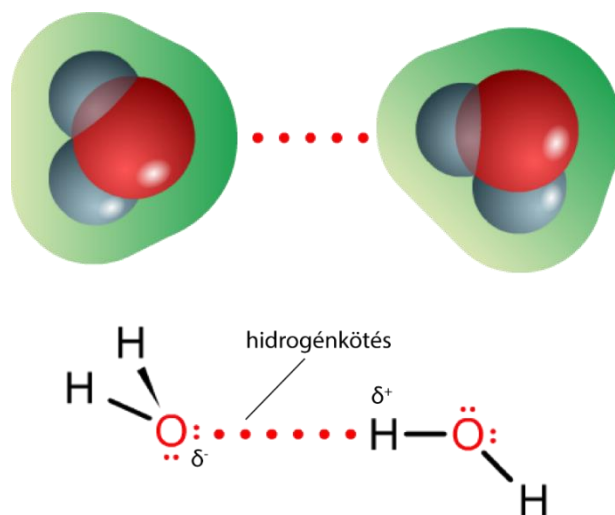
2. Magyarország ivóvízellátásának kialakulása és módszerei a kezdetektől napjainkig

2.1 A víz összetétele

A víz annak ellenére, hogy mindennapi életünk során állandó találkozunk vele és a Föld szinte minden pontján jelen van, mind fizikai, mind kémiai tulajdonságait nézve különleges. A víz színtelen, szagtalan folyadék. Alapvetően íztelen, ízét a különböző oldott ásványi anyagok adják meg. A víz azért is különleges, mivel három halmazállapotban, szilárd, folyékony és légnemű állapotban is találkozunk vele a természetben. Szobahőmérsékleten folyékony halmazállapotú, forráspontja 100 Celsius fok, amikor gőzzé válik. Fagyáspontja 0 Celsius fok, amikor szilárd halmazállapotúvá, jéggé dermed, olvadáspontja szintén 0 Celsius fok. A víz összetétele szerint olyan vegyület, amit 2 hidrogén és 1 oxigén atom alkot. Mivel a hidrogénnek és az oxigénnek is vannak különböző izotópjai, így nemcsak egyféle vízmolekula létezik, viszont a továbbiakban a leggyakrabban előforduló dihidrogén-monoxid összetételű víz molekulával fogok foglalkozni. A hidrogén és oxigén atomok elektronjai a víz molekulában mindkét elemhez tartoznak egyszerre, így a közös elektronpárok kovalens kötést hoznak létre, ez tartja össze az atomokat. Az oxigén atom körül négy elektronpár található, amiből kettő kötő, és kettő nem kötő elektronpár. A kötő elektronpár közelebb található az oxigén atom atomtörzséhez mint a hidrogénéhez, ezért a víz molekulában poláris kötés alakul ki. Ez a különböző elektronegativitású atomok között fellépő kötést is jelenti, ezért a víz molekulái dipólusak. A víz molekulái viszont egy lazább, másodrendű kötés során kapcsolódnak egymáshoz, ez a hidrogénkötés. Az egyik molekula pozitív töltésű hidrogénatomja, és egy másik molekula negatív töltésű oxigénatomja közötti vonzás tartja össze a hidrogénkötést, ezt az elektromos vonzást dipólus-dipólus kölcsönhatásnak nevezik. A víz molekula V alakú, ahol az elektronban szegény és így részlegesen pozitív töltésű hidrogén atomok egymás mellett, valamint a részlegesen negatív töltésű, elektronban gazdagabb oxigén atom velük szemben helyezkedik el. Ezért történik az, hogy a vízben rendezetlenül elhelyezkedő molekulák elektromos erőterben rendezetté válnak, a hidrogének felőli rész a negatív, az oxigén felőli rész pedig a pozitív töltés felé fordul.

A víz több szempontból is nem normális, hanem anomális viselkedésű. A forrás és fagyáspontja a víz kis molekulatömegéhez képest nagyon magas. A víz molekulák 4 Celsius fok alatt különösen viselkednek. A hőmérséklet csökkenésével a molekulák egymástól egyre távolabb kerülnek, a hidrogénhíd kötések hossza megnő. A sűrűsége a megfagyó víznek csökken, míg a térfogata megnő. A hidegebb kisebb sűrűségű jég a melegebb, nehezebb víz tetején úszik, ezért nem fagynak be az állóvizeink télen, így maradhatnak életben a víz alatt az élőlények. A víz az egyetlen olyan anyag, aminek folyékony halmazállapotban nagyobb a sűrűsége, mint szilárd vagy légnem halmazállapotban. A víznek továbbá 2-3 szorosa a fajhője, mint a szárazföldeket felépítő anyagoké, így a víz nagy mennyiségű hőt tud tárolni. Az óceánok nyáron elnyelik a napfényt, és télen fokozatosan leadják a hőt, ami következtében nyáron hűtik, télen pedig melegítik a földet. A víz a folyadékok közül a második legmagasabb felületi feszültséggel rendelkezik, ez az oka annak, hogy a növényekben lévő víz felefelé, a gravitációval ellentétes irányban is képes folyni. A víz kémiaileg semleges anyag 7-es pH értékű, nem változtatja meg az általa szállított anyagok szerkezetét. Ezen kívül a víz univerzális oldószer, rengeteg anyag kiválóan oldódik benne, így teszi lehetővé a szervezetünkben a tápanyagok, ásványi anyagok felszívódását, szállítását. Ezek a tulajdonságok mind hozzájárulnak ahhoz, hogy a víz az élet alapját képezze, az oka a víz különleges tulajdonságainak, a molekulák közötti hidrogénkötés.

1 2



1. ábra: A vízmolekulák között kialakuló legerősebb másodrendű kölcsönhatás a hidrogénkötés³

¹Nemzeti Köznevelési Portál, Kémia 9-10, I. Milyen részecskékből állnak az anyagok? https://nat2012.nkp.hu/tankonyv/kemia_9_a/lecke_01_011 (letöltés ideje: 2024.03.17.)

²vpf.Vízügy.hu 15.Vízminőség-védelem, Vízminőségi Kárelhárítás https://vpf.vizugy.hu/reg/ovf/doc/15.%20Vizminoseg-vedelem,%20vizminosegi%20karelharitas_A1.pdf (letöltés ideje: 2024.09.09.)

³Nemzeti Köznevelési Portál, Kémia 9-10, I. Milyen részecskékből állnak az anyagok? 3. ábra [260_vizmolekulak_kozott_j.png \(2017×1663\) \(nkp.hu\)](#) (letöltés ideje: 2024.03.17.)

2.2 Az ivóvíz meghatározása, követelményei

Az ivóvíz olyan víz, ami az emberi szervezetre nem ártalmas, fogyasztásra alkalmas továbbá megfelel az ivóvízre vonatkozó szabványok előírásainak. A természetben kémiai értelemben vett tiszta víz nem található meg, a víz több komponensből tevődik össze. Az emberi fogyasztásra alkalmas tiszta ivóvíz is több összetevőből áll, amikre az emberi szervezetnek szüksége van ahhoz, hogy egészséges maradjon. Ezeknek az összetevőknek a listáját és az ivóvízben megtalálható mennyiségét szigorú szabályozás határozza meg, amikről rendszeres ellenőrzések során győződnek meg a szakemberek, a megfelelő minőségű ivóvíz állandósága érdekében. Magyarországon jelenleg az ivóvíz minőségének követelményeit és az ehhez tartozó ellenőrzések gyakoriságát és menetét, az- 5/2023. kormányrendelet az ivóvíz minőségi követelményeiről és az ellenőrzés rendjéről- határozza meg. A szabályozás 2023.08.01.-től hatályos és részletesen előírja az ivóvíz minőségének követelményeit hazánkban.⁴

2.3 Az ivóvízben lévő legfontosabb összetevők és az emberi szervezetre gyakorolt hatásuk

Nátrium-kálium: mindkettő alkálifém, ami a jól oldódó sóik ionjaiként van jelen a szervezetünk és minden szövetünkben megtalálhatóak

Kalcium: kalciumra minden élő szervezetnek, így nekünk embereknek is szükségünk van. Többségében, nagyjából 97 százalékban a csontok hasznosítja a szervezetünk, de emellett a vérünkben és a szövetjeinkben is hasznosul.

Magnézium: a magnézium minden emberi és állati szervezet csontszövetében és sejtmagjában megtalálható. A szénhidrát anyagcserében nélkülözhetetlen, és a vérünkben is jelen van, a vérben lévő magnézium növelésével csökkenteni tudjuk az ingerlékenységet.

Vas: szervezetünk vas szükséglete igen kicsi, viszont a legfontosabb szervetlen alkotórészeink közé tartozik a vas. Nélkülözhetetlen a máj, a lép és a vékonybél számára, ahol szerves vegyületek alkotóelemévé alakul át.

Fluor: igen kis mennyiségben hasznosítja szervezetünk, elsősorban a csontokban és a fogakban

Klorid: a nátrium ellenionja, valamint a gyomorsav képződésben van fontos szerepe, viszont adott határértéken túl szennyező anyag a vízben, ami az ivóvíz ízét ronthatja

⁴ Nemzeti Jogszabálytár 5/2023 Kormány rendelet az ivóvíz minőségi követelményeiről és az ellenőrzés rendjéről 5/2023. (I. 12.) Korm. rendelet - Nemzeti Jogszabálytár (njt.hu) (letöltés ideje: 2024.04.28.)

Szulfát: segíti a gyomor megfelelő működését, viszont nagyobb mennyiségben hashajtó hatású lehet

Foszfát: ha az ivóvízben foszfát mutatható ki, az a víz elszennyeződésére utalhat

Nitrit, nitrát: az ivóvízben lévő nitrit, nitrát koncentráció szabályozva van, mivel adott mennyiség felett negatív hatással van az emberi szervezetre, különösen a 3 hónaposnál fiatalabb csecsemőkre

Mikroelemek: a szervezetünknek nagyon kis mennyiségben elengedhetnélek a mikroelemek, másképp mondva a nyomelemek. Ilyenek a réz, cink, kobalt, szelén, króm, molibdén és nikkel, amik ugyan nagyon kis adagban, de elengedhetetlenek testünk normál módon történő működéséhez.⁵

2.4 Vízbázisok Magyarországon

Magyarország ivóvízellátása több forrásból származik. Az ország különböző részein más- más módokon juthatunk hozzá ahhoz a vízhez, amit később fizikai, kémiai és biológiai tisztítással ivóvíz minőségűvé, fogyasztásra alkalmassá tehetünk. Első lépésként az úgynevezett nyersvizet kell kinyernünk, ami a különböző vízbázisokból való vízkivétellel történik. Hazánkban ez 95 százalékban felszín alatti, és 5 százalékban felszín feletti vizek felhasználásával valósul meg, amik 4 féle vízbázisból nyerhetők ki.

Parti szűrésű kutak:

A folyók mentén telepített kutak, mintegy 35 százalékát teszik ki a hazai ivóvízellátásnak. A partmenti rétegbe 15- 20 méter mélyen fúrt kutak óránként több ezer liter víz kivételére alkalmasak, amiket szivattyúk segítségével továbbítanak a hálózatba. A folyókból származó vizet a parton lévő több méter mély kavicságy természetes módon megszűri, a kavicsokon lévő biológiai hártványok segítségével. Ennek hatására szinte ivóvíz minőségű vizet létrehozva, ami már ilyen állapotban kerül a vízművekbe.

Mélyfúrásos kutak

Azokon a területeken, ahol nem találhatók folyók, a felszín alatti rétegvizek felhozatalával biztosítják az ivóvízellátást, ami Magyarország ivóvízellátásának 35 százalékát jelenti. A föld alatt több száz méter mélyen találhatók meg a rétegvizek. A több évezred alatt felhalmozódott rétegtől két víz záró réteg között található meg, minősége nagyon jó, mivel a lassan lejutó víz a hosszú idő alatt amíg ilyen mélységbe jut megtisztul.

⁵ Északmagyarországi Regionális Vízművek Zrt., Az ivóvíz összetevői, jellemzői <https://www.ervzrt.hu/a-vizrol/az-ivoviz-osszetevoi-jellemzoi/> (letöltés ideje: 2024.04.13.)

Ezért a rétegvizek minőségének az ára, hogy nagyon lassan termelődik csak újra. Azokat a rétegvizeket, amik nyomás alatt állnak, artézi víznek nevezzük. Az artézi vizek fúrás után a hidrosztatikai nyomás következtében maguktól feltörnek a felszínre, az ilyen kutakat artézi kútnak nevezzük. Azok a rétegvizek, amik nincsenek nyomás alatt, szivattyúzással jutnak fel a vízművekhez. A mélyfúrású kutak fúrása során előfordul, hogy a feltörő víz hőmérséklete meghaladja 20-25 Celsius fokot, ebben az esetben termálvíz tör a felszínre. A rétegvizek hőmérséklete a helyi geotermikus gradienstől függ, ami azt mutatja meg, hogy a Föld belseje felé haladva, mennyi a hőmérséklet növekedése. Ez átlagosan 100 méterenként 3 Celsius fok. Hazánkban a földkéreg vékonyabb, így a hőmérséklet növekedése 6-8 Celsius fok/ 100 méter, ezért van Magyarország területén ennyi termálvíz forrás.

Résvizek

A kőzetek repedéseibe beszivárgó víz a karsztvíz. A mészkő és dolomit hegységek hasadékaiban lévő víz a létező legkiválóbb minőségű víz, mivel ezen kőzetekből kalcium és magnézium oldódik ki, ezek a vizek általában nem igényelnek további tisztítást. A résvizek kevésbé gyakori típusa a karsztforrás, ezek a kőzetek repedéseiből felszínre törő szintén kiváló minőségű víz. Hazánkban a mészkő és dolomithegyek karsztjából táplálják az ország ivóvízellátásának 25 százalékát.

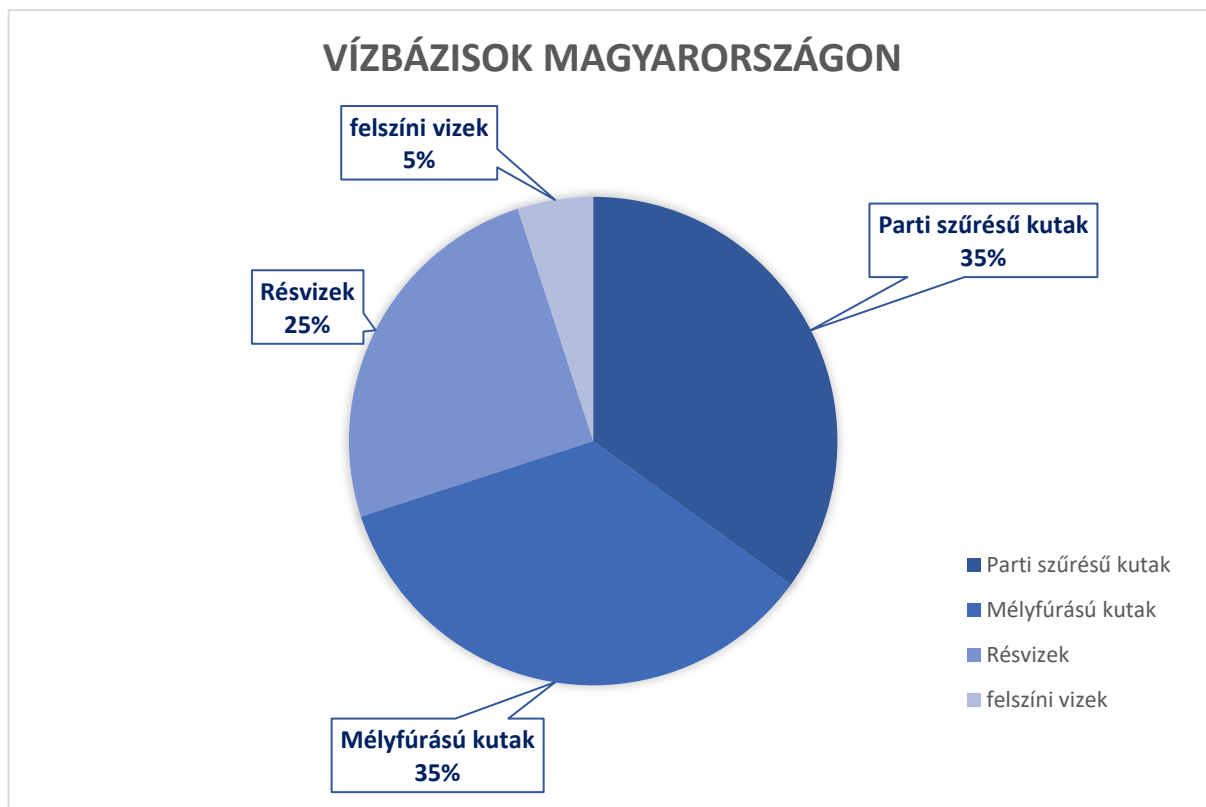
Felszíni vizek

Magyarországon az ivóvízellátásnak kevés részét, 5 százalékot teszik ki a felszíni vízbázisok. Számos mesterséges tározóból, a Tiszából vagy a Balatonból kinyert nyersvíz tisztítása igen bonyolult folyamat, hogy megfeleljen a szigorú minőségi követelményeknek.^{6 7 8}

⁶Mavíz lakossági oldal, Honnan ered a csapvíz Magyarországon? (letöltés ideje:2024.06.13.) https://www.maviz.org/fogyasztoi_informaciok/honnan_ered_a_csapviz_magyarorszagon

⁷ Környezetmérnöki Tudástár Sorozat szerkesztő: Dr. Domokos Endre XXVI. kötet Ivóvíztisztítás és víztisztaságvédelem Szerzők: Kovács Zsófia Kárpáti Árpád, Az anyag a TÁMOP4.1.2.A/1-11/1-2011-0089 téma keretében készült a Pannon Egyetemen. <https://tudastar.mk.uni-pannon.hu/anyagok/26-Ivoviztisztitas.pdf> (letöltés ideje:2024.05.22.)

⁸Hadmérnök XIII. Évfolyam 1.szám-2018 március A vízminőség védelemmel kapcsolatos problémakör hazai helyzete http://www.hadmernok.hu/181_13_csosz.pdf (letöltés ideje:2024.09.11.)



2. ábra: magyarországi ivóvízbázisokból származó ivóvíz százalékos aránya
Szerző által készített ábra, a 6. forrás alapján (2024.09.10.)

2.5 Az ivóvíztisztítás általános menete

Az ivóvíztisztításnál használt technológiák sok esetben eltérőek lehetnek. A technológia, amivel a vizet megtisztítják, nagyban függ az adott nyersvíz minőségétől. Ezt a nyersvíz kinyerésének módja és helyszíne határozza meg. A különböző vízkinyerési módok különböző minőségű vizet tudnak biztosítani, így a kinyerést követően a nyersvizet másmilyen technológiákkal kell kezelni ahhoz, hogy a megfelelő minőségű ivóvizet tudják biztosítani a lakosság számára az ország minden pontján. A tisztításra kerülő nyersvizet első lépésként megtisztítják az uszadék jellegű nagyobb szennyeződésektől. Ez a folyamat során, rácsokkal, szűrőkkel eltávolítják a nagyobb szennyező anyagokat a vízből. Ezek után a vízben lebegő, ülepítéssel könnyen eltávolítható anyagok ülepítése következik. Ebben a lépésben a vízben lebegő, a víz fajsúlyánál nagyobb fajsúlyú anyagok a gravitáció segítségével leülepednek a víz aljára. Abban az esetben, ha a szennyező anyagok szemcsemérete 0,1mm-nél kisebb, egy különleges eljárást alkalmaznak, a derítést. A derítés során a vízhez vegyszert adagolnak (például vas-szulfátot, alumínium szulfátot) aminek következtében a vízben makropelyheket hoznak létre, amik így már ülepíthetők.

Ezután a vizet egy kavicsból, homokból vagy egyéb anyagból álló szűrőrétegen engedik át, ami a vízben maradt lebegő anyagokat kivonja a vízből. A kellemetlen mellékíz vagy szag eltávolítására aktív szén szűrést vagy ózonos kezelést alkalmaznak. A szűrés után savtalanítást végeznek el, ami a vízben lévő szénsav eltávolítása miatt szükséges, ezt levegőztetéssel érik el. A levegőztetés során megnövelik a víz oxigén tartalmát, ez frissebbé és kevésbé savanyúvá teszi a vizet. Ha a víz vas és mangán tartalma meghaladja a meghatározott szintet, akkor azt oxidálással, szűréssel lehet csökkenteni.

Abban az esetben, ha a vízben nitrát található, azt ioncserével lehet eltávolítani. A vízben megtalálhatóak olyan oldott sók is, amik szűréssel nem távolíthatók el, amik nagy mennyiségben keménnyé teszik a vizet. Ebben az esetben ezeknek az oldott sóknak csökkenteni kell a koncentrációját, amit vízlágyítással végeznek.

A tisztítási folyamat végén kerül sor a vízben megtalálható patogén baktériumok és ionok eltávolítására. Ezt csírátlanítással és fertőtlenítéssel végzik. Erre a célra használhatnak szűrést, illetve oxidációt. Oxidáció során klórt, ózont, kálium permanganátot, vagy egyéb anyagokat használnak, amik közül a klór a legelterjedtebb.^{9 10}

⁹Északmagyarországi Regionális vízművek Zrt., Az vízből ivóvíz lesz <https://www ervzrt hu/a-vizrol/a-vizbol-ivoviz-lesz/> (letöltés ideje: 2024.05.02.)

¹⁰Nemzeti Közzolgálati Egyetem Vízudományi Kar, Vízszerezés víztisztítás, szerkesztette: Vadkert Edit [https://nkerepo.uni-nke.hu/xmlui/bitstream/handle/123456789/16608/WEB-Vadkerti%20Edit%20\(szerk\)%20-%20V%EDzszerz%E9s,%20v%EDztiszt%EDt%E1s.pdf;jsessionid=B44EEEB9D554C589C5C0E6DBB190EFFE?sequence=1](https://nkerepo.uni-nke.hu/xmlui/bitstream/handle/123456789/16608/WEB-Vadkerti%20Edit%20(szerk)%20-%20V%EDzszerz%E9s,%20v%EDztiszt%EDt%E1s.pdf;jsessionid=B44EEEB9D554C589C5C0E6DBB190EFFE?sequence=1) (letöltés ideje: 2024.06.17.)

2.6 Az ivóvízellátás története Magyarországon

2.6.1 Az ivóvíz ellátás kezdete a Kárpát medencében

A Kárpát-medencében az első vízvezeték rendszer kiépítése a római birodalom időszakára tehető. Pannónia provinciában a rómaiak voltak azok, akik először a víz kinyerésének helyéről messzebbi helyekre is el tudták juttatni az ivóvizet. A felül nyitott boltíves kialakítású vezetékek, a gravitáció segítségével a lejtésükből adódóan juttatták el a vizet a távolabbi helyekre, ahol nemcsak ivóvízként, hanem közfürdők táplálására is használták a vizet.

A Pannónia provinciai vízvezetékek karbantartásra külön személyzet volt hivatott, viszont a városi kultúrának ez a vívmánya csak addig tudott fennmaradni, amíg a római birodalom védelme alatt állt. Sok vízvezeték épült Pannónia provincia nagyobb városaiban például a mai Szombathelyen az akkor Savaria-ban vagy a mai Sopron területén Scarbantia-ban, viszont a legismertebb az Aquincum-i a mai óbudai aquadukt volt.

Az egykori vízvezeték 4,5 km hosszúságú volt, a római fürdőnél lévő forrásból forrásfoglalással kinyert tiszta ivóvizet gravitációs módon vezette a városba és a katonai táborba. A római birodalom bukását követően a városok közművei, így a vízvezetékek is gazda nélkül maradtak. A bevándorló új népek nemcsak nem voltak képesek a vízvezetékek működtetésére, hanem igényük sem volt a városias civilizációra. A forrás, folyóvizek, vagy az ásott kutak vize megfelelt az újonnan betelepülő népek életvitelének, a honfoglaló magyaroknak is. Ennek következtében a vízvezetékek elvesztették funkciójukat és tönkrementek.¹¹

A középkori Magyarországon folyók, patakok, tavak vize tiszta és iható volt, viszont ott is alakultak ki települések, ahol nem álltak rendelkezésre ilyen felszíni vizek. Ezeken a területeken a földbe ásott kutak talajvize kielégítette az itt lakók ivóvíziránti szükségleteit. Viszont a városiasodás során a növekvő népesség következtében a vízigény is megnőtt. Így a vízellátást a mindenkor királyi hatalomnak kellett megoldani, karbantartani és ha kellett kibővíteni vagy megújítani az uralkodó költségén.

A nagyobb várak esetében létfontosságú volt az ivóvízellátás biztosítása, amit a várak építése során elsődleges szempontként tartottak számon. a várak minden esetben rendelkeztek vízgyűjtő ciszternával és ásott kúttal, különleges kedvező esetekben pedig a vár közelében lévő, megfelelő lejtésű forrásból a gravitáció segítségével tudták bevezetni a várba a vizet.

¹¹Bertók László - Bulkai Pál - Fejér László - Koltay József: Az ivóvíz honfoglalása. A közműves ivóvízellátás fejlődése Magyarországon a római kortól napjainkig. (MAVÍZ, Budapest, 2006) I. A római vízvezetékek emlékei

A legkedvezőbb helyzetben azok a várak voltak, akik közvetlenül folyók mellé épültek, mivel így a homokos kavicsos rétegbe süllyesztett kutak, folyamatos és jó minőségű vízzel látták el a vár lakóit. Viszont ennek ellenére számos esetben a szennyezett víz volt sok rengeteg áldozatot szedő járvány okozója. Ennek több oka is volt, például csatornázatlanságból adódóan a víznyerő helyek elfertőződése, vagy a háborús helyzetekben a folyóvízbe vagy kutakba került holttestek vagy egyéb dögök, amik beszennyezték a vizet.¹²

A gyorsabban fejlődő települések népességének nem volt elegendő a kutak és vízgyűjtők viszonylag kevés vízhozama. A legáltalánosabb módszer, amit már 14. századtól alkalmaztak, az a gravitációs vezetékek használata volt. A település közvetlen környékén található források vizet befoglalták, majd ezután a vizet fa, cserép vagy ólom csövekbe vezették, amik a település központjában lévő csorgó kútba juttatták a források tiszta vizét. A csorgó kutak állandóan folytak és bárki használhatta azokat. A kutak mellett, állandóan töltött vízhordó kocsik álltak, mivel, ha valahol tűz ütött ki, ezzel a vízzel kezdték meg annak az oltását. A vízhordó és a tűzoltó mesterséget ellátó személy sok esetben ugyanaz volt. A vízhordók ebben az időszakban nagyon megbecsült személyek voltak, amennyiben részt vállaltak a városi tüzek oltásában adómentességet kaptak. Munkájuk viszont sokszor veszélyes volt, a tűzoltás mellett, járványok idején is kötelesek voltak a lezárt épületekbe is eljuttatni a vizet. A vízvezetékek az uralkodói luxus szimbólumai is voltak. Az Anjou-házi magyar királyok a visegrádi palotába gyönyörű gótikus falikutakat emeltek, amiket a már említett gravitációs vezetékekkel tápláltak a helyi források vizéből. A későbbi magyar uralkodók, Luxemburgi Zsigmond és Hunyadi Mátyás is ezzel a módszerrel biztosították a visegrádi palota ivóvízellátását, valamint tovább fejlesztették azt fürdővel és szennyvízcsatornával. A középkorban is használtak már szivattyús vízműveket, ahol szivattyú segítségével juttatták fel a vizet általában egy központi kútba. A 14. században már ilyen rendszerű vízmű láthatta el a budai várat vízzel. Az úgynevezett járgányos szivattyús megoldás kiépítését Luxemburgi Zsigmond rendelte el, hogy a Duna vizét feljuttassák a budai várba. A szivattyút feltehetően állati erővel működtették és így juttatta fel a vizet 60 méter magasra a várba, viszont a szivattyúról csak feljegyzések maradtak fent, régészeti leletek nem.

¹²Bertók László - Bulkai Pál - Fejér László - Koltay József: Az ivóvíz honfoglalása. A közműves ivóvízellátás fejlődése Magyarországon a római kortól napjainkig. (MAVÍZ, Budapest, 2006) II. Műszaki megoldások a középkorban

A török kor során is ezen a rendszeren alapult Buda vízellátása, majd a dunai szivattyúk és vízvezetékek felújítására és kibővítésére az 1700-as években került csak sor, szintén a korábban alkalmazott megoldások alapján. Viszont ezek a vízellátási módok nem voltak általánosak, csak egy-egy királyi város vagy főnemesi család engedhette meg magának ezeket ebben a korszakban. Az 1700-as, 1800-as évek során terjedtek csak el a vízvezetékek és közkutak, amiket a környéken lévő források és kutak tápláltak. Ezek a megoldások viszont csak a domb és hegyvidéki városokban tudtak működni, az Alföldi régiók még az 1800-as évek utolsó harmadában is rendkívül elhanyagoltak voltak ivóvízellátás szempontjából. Az Alföldön az ásott kutakból voltak kénytelenek rossz minőségű vizet vételezni az itt élők, akik így kivoltak szolgáltatva a különböző betegségeknek és járványoknak.¹³

Az alföldi ivóvízellátás megoldására az artézi kutak fúrása jelentette végső soron a megoldást. Az artézi kutak hidrogeológiai alapjait az 1800-as évekre már ismerték, és az első mélyfúrásos kutat 1825-ben fúrták Ugodon 14 méteres mélységgel. A hazai artézi kútúrás egyik, ha nem a legjelentősebb alakja Zsigmondy Vilmos bányamérnök volt, aki hitt benne, hogy az Alföldön a megfelelő minőségű ivóvíz biztosítása az artézi kutak fúrásával megoldható lesz. Zsigmondy korának legjobb felszereléseit használva 1866-ban megnyerte a harkányi fürdő bővítésére kiírt pályázatot, 37,7 méter mélyről 62,5 Celsius fokos hévizet hozott a felszínre. Ezt követően 1878-ban a Városligetben történő sikeres fúrás után, még 1878-ban az alföldi városok közül először Hódmezővásárhely városa bízta meg a bányamérnököt egy artézi kút fúrásával, ahol már többször próbálkoztak fúrásokkal sikertelenül. Zsigmondy- féle kútúró cég vállalta a munkát és kettő év múlva a 197,84 méteres artézi kútból percenként 65 liter víz tört a felszínre. 1876-tól a Zsigmondy Vilmos vezette cég több artézi kút fúrását végezte el sikeresen az Alföldön. 1882 és 1892 között további 31 fúrást végeztek el eredményesen. 1888-ban a Debrecenben történő artézi kútúrás sikertelennek bizonyult, viszont a kút mélysége 837 méter volt, ami korszak legmélyebb fúrását jelentette és sok geológiai kérdésre választ adott az Alföld Kőzetviszonyival kapcsolatban. Az 1800-as évek végéig az ország területén több mint 2400 artézi kutat fúrtak, viszont megfelelő szabályozás nélkül ezek sok esetben szakszerűtlenül készültek el, vagy folytak el fölöslegesen a szabályozás hiánya miatt.

¹³Bertók László - Bulkai Pál - Fejér László - Koltay József: Az ivóvíz honfoglalása. A közműves ivóvízellátás fejlődése Magyarországon a római kortól napjainkig. (MAVÍZ, Budapest, 2006) IV. A középkori közkutakról a vezetékes vízművekig-fejezetek a magyarországi vízellátás 18-19- századi történetéről-Vízutató rárészessel

A közműves ivóvízellátás kiépüléséhez a vascsövek alkalmazása és a gőzgép megjelenése volt szükséges, ezek széles körben történő elterjedése tette lehetővé az ivóvízellátó rendszerek megépítését. Az 1800-as években az ipari forradalmak hatására az iparban használt, valamint a városi népesség gyors növekedésének következtében a lakosság által felhasznált víz mennyisége is megnövekedett. Ebben a korban a növekvő lakosságú városok lakóinak már nem lehetett megfelelően biztosítani az ivóvizet. Akkor vált igazán égetővé az ivóvízellátás kérdése, amikor már a folyók vize nem volt alkalmas arra, hogy a lakosság közvetlenül, tisztítás nélkül biztonságosan igyon a vizükből, valamint a forrásokból táplált víz vagy nem állt rendelkezésre az adott településen, vagy nem adott elegendő mennyiségű vizet. Az ásott kutakkal kapcsolatban is egyre több probléma merült fel.¹⁴

A sokszor egymáshoz közel épített házak, egymás mellett kiásott kutjai egyazon talajvízrétegből nyerték a vizet, ami így nyáron kimerülhetett, valamint a kút közelében lévő, az állattartásból adódó trágyadombok, vagy a nem megfelelő szennyvízelvezető rendszerek beszennyezheték a kút vizét. Az ásott kutak már nem megfelelő vízminőségére példa a több helyen is megjelenő járványok, például a kolerajárvány. Azokon a területeken, a falvakban vagy a ritkábban lakott városrészekben, ahol a népsűrűség nem volt olyan magas, általánosan kijelenthető, hogy a közkutak rendszere képes volt ellátni a lakosság igényeit, viszont a gyorsan fejlődő és növekvő városokban az ivóvíz és ezzel párhuzamosan a szennyvízhálózat kiépítése szükségessé vált. A kialakult helyzet megoldására, az 1885. évi XXIII. a vízjogról szóló törvény kiadására volt szükség. A vízjogi törvény elfogadása azért volt jelentős, mivel ez a törvény előtti időszakban a törvényalkotásban nem voltak meg azok a jogelvek, amik lehetővé tették volna a vizek köztulajdonban lévő jellegét, vagy a vízmunkák hatósági engedélyezéshez kötötték volna. A vízjogi törvény továbbá megtiltotta a vizek ártalmas anyaggal való beszennyezését, és a vízbázisok védelméről is rendelkezik, viszont a törvény elsősorban az ivóvízellátással foglalkozik. A szennyvízkezelés kérdésére, a szennyvizek elvezetésének és tisztításának szabályozására csak később, a vizek tömeges elszennyeződésekor került sor. A vízjogi törvényben jelentős előrelépés volt, hogy a kultúrmérnöki hivatalok lettek a vízmunkák műszaki szakértői, innentől kezdve minden állami vízmunka során, a vízellátásnál és a csatornázásnál is jelen voltak, mint engedélyező hatóság. Ennek következtében a városok közműves vízellátásának műszaki megvalósításának is megnyílt a lehetősége.

¹⁴Bertók László - Bulkai Pál - Fejér László - Koltay József: Az ivóvíz honfoglalása. A közműves ivóvízellátás fejlődése Magyarországon a római kortól napjainkig. (MAVÍZ, Budapest, 2006) IV. A középkori közkutakról a vezetékes vízművekig-fejezetek a magyarországi vízellátás 18-19- századi történetéről-Zsigmondy Vilmos és az alföldi ártézi kutak

Az ivóvízellátás fejlődésében a következő nagy előrelépést az 1890-ben a kultúrmérnöki hivatalhoz kapcsolódó szervezet, a közegészségügyi mérnöki szolgálat megalakulása jelentette. Az 1890-ben Pécsen kitörő járvány során a fejlődő mikrobiológiai vizsgálatok bebizonyították azt a felvetést, hogy a szennyezett környezetnek szerepe van a vizek elszennyeződésében. Ez volt Magyarországon az első vízvezetékbeli terjedő járvány, az egyik ásott mellékhelyiségből szivárgott le a tífusz fertőzés a Tettye-forrásból táplált vízvezetékbe. Az ivóvizekből elterjedő járványok voltak azok, amik szükségessé tették az ivóvizek először még csak bakteriológiai vizsgálatát. A budapesti 1892-es kolerajárvány után, a fővárosi ivóvízvezetékekben ezután rendszeresen történtek mérések. Viszont a vidéki települések ivóvíznyerő helyein csak alkalomszerűen mérték az ivóvíz minőségét először csak bakteriológiai szempontok alapján, így általánosan hazai víznyerő helyek egészségügyi szempontból történő felmérésre ekkor még nem került sor.^{15 16}

2.6.2 A közműves ivóvízhálózat kialakulása a 20. században Magyarországon

Az első világháborút lezáró békediktátum miatt a Magyarország területén lévő vízvezetékek és vízművek száma jelentősen lecsökkent. Ennek az volt az oka, hogy a vízvezetékek nagyrészen Erdélyben és a Felvidéki városokban kerültek kiépítésre, a jóval kedvezőbb környezeti adottságokból adódóan. A két világháború között az ivóvízellátás fejlődését tekintve a kettő legfontosabb feladat, az ország új határain belüli városok ivóvízellátásának kiépítése, és a közegészségügyi szempontból alkalmas olcsó kivitelezésű falusi kutak létesítése volt. A falusi ivóvízellátás esetében azok a kutak, amik a bakteriológiai és kémiai szempontból is megfeleltek a vizsgálatoknak, valamint a település vállalta ezek rendszeres tisztántartását és évi kettő alkalommal vízminta vizsgálatra való beküldését, a kutat zöld keresztes, „Jó ivóvíz” táblával látták el. Emellett pedig mintakutak létesítését szorgalmazták, amik a betongyűrűzés és a megfelelő vízkiemelő szerkezetek következtében biztonságosabbak lettek a víz beszennyeződésével szemben. Ez nagy előrelépést jelentett a falvak ivóvízellátása területén, bár az 1932-ig nyilvántartásba vett több mint 12000 kút közül, mindössze 300 kút kapta meg a „Jó ivóvíz” jelölést. Az 1930-as statisztikai felvételből és népszámlálásból arra lehetett következtetni, hogy az ország területén ezek a kutak mellett megközelítőleg 600.000 ásott kút volt található, és ezeknek a kutaknak az elvégzett bakteriológiai és kémiai vizsgálatok becslései

¹⁵Bertók László - Bulkai Pál - Fejér László - Koltay József: Az ivóvíz honfoglalása. A közműves ivóvízellátás fejlődése Magyarországon a római kortól napjainkig. (MAVÍZ, Budapest, 2006) IV. A középkori közutakról a vezetékes vízművekig-fejezetek a magyarországi vízellátás 18-19- századi történetéről-Az ivóvízszabályozás jogi szabályozásának története 1885-ig

¹⁶ Bertók László - Bulkai Pál - Fejér László - Koltay József: Az ivóvíz honfoglalása. A közműves ivóvízellátás fejlődése Magyarországon a római kortól napjainkig. (MAVÍZ, Budapest, 2006) V. A vízjogról szóló 1885.évi XXIII. törvény

alapján csak kis részük, 20-30 százalékuk szolgáltatott egészségügyileg megfelelő ivóvizet, nagyobb részük kifogásolható, vagy nem megfelelő volt. Ez azért jelentett problémát, mivel hazai lakosság nagy része, közkutakról tudott hozzájutni az ivóvízhez, de ezek helyett sok esetben az ásott kutakat használták. A második világháború előtti években Magyarország jelentős elmaradott volt ivóvízellátás tekintetében a nyugat európai államokhoz képest, ugyanis egy 1936-ban készített kimutatás azt mutatja, hogy a lakosság csupán 20 százaléka ivott vezetékes vizet, míg például Franciaország vagy Németország esetében ez az arány 60-70 százalék volt. Az 1930-as években rengeteg hazai településen nem beszélhetünk vízellátásról. Mivel az előbb említett bevizsgált közkutak, vagy a korábban taglalt artézi kutak abban az esetben, ha azok 200m távolságnál messzebb voltak, mint azok a lakosok háza, ahol a vizet felhasználták, akkor a vízfordás már igenis terhesnek számított és inkább a saját ásott kutjuk sokszor fertőzött vizét használták. Ebben az időszakban szabadalmaztatták a vastalanítás technológiáját, ami a vezetékes ivóvízellátás minőségének javulását jelentette. De még ekkor sem beszélhetünk a mai értelemben vett vízvezetékrendszerről még a fejlett hazai városokban sem. A lakásokba bevezetett vizet csak a gazdagok engedhették meg maguknak, a jellemző az volt, hogy bérházak udvarában volt egy közkút, ahonnan felhordták a vizet a lakásokba.¹⁷ A második világháborúban a harcok során a városokban meglévő vízvezetékek és vízművek szinte mindegyike valamilyen mértékben megsérült. A háború után az új államszervezet kialakítása és a háború miatti károk rendbehozatala kötötte le a magyar állam erőforrásait, sok városban csak 1-2 év elteltével indult újra a vezetékes vízhálózat működése, fejlesztésükre pedig a vízigények növekedése ellenére sem volt elegendő fedezet. 1945-ben már megkezdődött a víztársulatok létesítményeinek állami tulajdonba kerülése, ez 1948-ban fejeződött be, amikor megalakult az Országos Vízgazdálkodási Hivatal, ami így államosította vízügyeket. Az 1950-es években az lakossági vízellátás mellett, az ipar vízgazdálkodás kapott nagyobb figyelmet. Az ipar fejlesztése az iparban felhasznált víz mennyiségének jelentős növekedése mellett, a szennyezett víz mennyiségét is megsokszorozta, amit az üzemi csatornákból vagy közvetlenül, tisztítatlanul juttattak az élővizekbe, ami így a vizek szennyezésének rohamos növekedésével járt. 1950-es években a meglévő ipari központok fejlesztése mellett, új ipari központokat, úgynevezett szocialista városokat építettek. A vízhálózat kiépítése már nemcsak az ipar növekvő vízigénye miatt volt szükséges, hanem ezek az ipari központok (gyárak, bányák) mellett, az itt dolgozók részére felépített lakótelepek vízellátásának

¹⁷Bertók László - Bulkai Pál - Fejér László - Koltay József: Az ivóvíz honfoglalása. A közműves ivóvízellátás fejlődése Magyarországon a római kortól napjainkig. (MAVÍZ, Budapest, 2006) XI. Összefoglaló értékelés az 1945. előtti közműves ivóvízellátásról

biztosítása érdekében is. Az újonnan felépített lakásokat már bevezetett ivóvízzel építették ki, ami óriási előrelépés volt a lakóknak kényelmi szempontból, hiszen a 50-es 60-as években több, főként alföldi város, és a települések nagyrésze nem volt közműves vízellátással ellátva. Az ipari centrumokban így jelentős megnőtt ipari és lakossági vízigény, ezért a már meglévő vízművek és vízhalózat fejlesztésére, és ezeken kívül újak létesítésére volt szükség.¹⁸

Az 1950-es évek végétől meghirdetett lakásépítési programok jelentősen hozzájárultak az ország elmaradott vízellátásának fejlesztésében, hiszen az új lakótelepeknek, és az ipar számára biztosítani kellett az ivóvízellátást, ami következtében új vízművek és vízvezetékek épültek, sokszor messzebből, távolsági veztéken juttatva el az ivóvizet a felhasználás helyére. Az ipari centrumok vízellátásának kiépítését követően először a városokban, nagyközségekben majd a kisebb településeken is elkezdődött a közműves vízellátás kiépítése. A hazai ivóvíz és csatornahálózat kiépítése és európai szintre való hozása, az 1950-es évek végétől az azt követő kettő és fél évtizeden keresztül tarott. Az 1964. évi IV. törvény, az addig hatályban lévő 1885-ben kiadott első vízügyi törvénynek lépett a helyébe, ami jelentős mértékben segítette az ivóvízellátás, valamint a csatornázás kiépülését. Főként az ezekre vonatkozó műszaki és igazgatási előírásokat tartalmazott, és egészen 1995-ig volt hatályban. Már 1957-ben elhatározta az állami vezetés, hogy a helyi üzemek helyett, összevont területi víz- és csatornamű vállalatot kell létrehozni. Ez az 1970-es évek végére fejeződött be, az államilag kiépített vízművek biztosították ezentúl egy-egy nagytérség ivóvízellátását távvezetékek segítségével.

Az 1970-es és 80-as évek az ivóvíz-ellátottság következtében egyre nagyobb különbség jelent meg az ivóvíz előállítás, és a keletkező szennyvíz között. Az ország nagy részén a szennyvíz elhelyezésének egyetlen módja, szikkasztókon, emésztőgödrökön keresztül a talajba való elvezetése volt. Ez amellet, hogy jelentős mértékben növelte a talajvíz elszennyeződését, a települések alatti talajvíz mennyiség is megnövekedett, néhol olyan mértékben, hogy az elérte az emésztőgödrök fenékszintjét majd a házak alapjait, ami régebbi építésű házak esetén tönkretette azokat. Ennek a problémának a későbbiekben a megoldása a csatornahálózat egyre nagyobb kiépülése, valamint a vízfogyasztás csökkenése lett, mivel a kevesebb elhasznált víz következtében a szennyvíz mennyisége is csökkent.¹⁹

¹⁸Bertók László - Bulkai Pál - Fejér László - Koltay József: Az ivóvíz honfoglalása. A közműves ivóvízellátás fejlődése Magyarországon a római kortól napjainkig. (MAVÍZ, Budapest, 2006) XVI. A második világháborúban elszennvedett károk, az újjáépítés

¹⁹ Bertók László - Bulkai Pál - Fejér László - Koltay József: Az ivóvíz honfoglalása. A közműves ivóvízellátás fejlődése Magyarországon a római kortól napjainkig. (MAVÍZ, Budapest, 2006) XVIII. Az ivóvízellátás helyzete és fejlődése a szocialista korszak kezdetétől

2.6.3 A rendszerváltás utáni változások a magyarországi ivóvízellátásban

Az 1990-es években a víz felhasználás jelentős csökkenésének több oka is volt. A 90-es évekre néhány igen kicsi település kivételével a magyar városokban és a falvakban megvalósult a vezetékes ivóvízellátás kiépülése, hozzávetőleges hazánkban 95 százalékos ivóvízhálózati lefedettséget hoztak létre. A rendszerváltás következményeként az ipari termelés átalakulása és a vízdíjak jelentős drágulása járult hozzá a víztakarékosság előtérbe kerüléséhez, ami így kevesebb ivóvízfelhasználást eredményezett.

A 1990-es évekre szükségessé vált egy új, a vízgazdálkodás kérdését rendező törvény kiadása, mivel az ekkor még érvényes 1964. évi IV. törvény, habár nagyrészt megfelel a vízgazdálkodással kapcsolatos akkori igényeknek, a politikában és a társadalmi és tulajdonviszonyokban bekövetkezett változások miatt szükségessé vált a megreformálása.

A vízgazdálkodásról szóló 1995. évi LVII. törvény többek között ösztönzi a vízzel való takarékosagot, előírja a vízkészletekkel való szigorúbb elszámolást, valamint a vízkészleteket, nemzeti vagyonként való kezelését. A törvény a vízközművek tevékenységét, az ivóvízellátást és a szennyvíz kezelését közüzemi tevékenységnek minősítette, ezért a közegészségügyi feltételek betartását szerződés aláírásával kell garantálniuk a vállalatoknak. Az 1995. évi LVII. törvény a mai napig hatályos.²⁰

Napjainkra a vízgazdálkodás teljesen új jellegű problémái mutatkoznak meg. A szennyező hatások növekedése és a klímaváltozás következményei negatívan hatnak a vízbázisaink állapotára. A vízigények átalakultak, a víztakarékossági erőfeszítések ellenére az iparban és a mezőgazdaságban is növekvő szükség mutatkozik a megfelelő minőségű víz iránt. Jelen korunk fontos problémája a szennyvízkezelés kérdése. Hazánkban a szennyvíz-ivóvíz közműháló nyitottsága rendkívül nagy mértékű az ivóvízellátás javára. Amíg az 1950-es évektől az ivóvízellátás kiépítése gyors tempóban haladt, a szennyvíz kezelésének kérdése nem volt napirenden. A szennyvíztisztítás fontos része a fenntartható vízgazdálkodásnak, a Magyar Kormány erre az elmúlt években egyre nagyobb hangsúlyt fektet. Jelenleg Magyarország ivóvízellátása országosan magas színvonalú, de a jövőben számolni kell új kihívásokkal, amikhez eddig nem használt, új, innovatív megoldásokra lesz szükség.²¹

²⁰ Debreceni Egyetem Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar-Környezeti elemek védelme III. Vízvédelem https://dtk.tankonyvtar.hu/bitstream/handle/123456789/8144/talaj_es_viz_vedelem_39-40.pdf?sequence=31&isAllowed=y

²¹Bertók László - Bulkai Pál - Fejér László - Koltay József: Az ivóvíz honfoglalása. A közműves ivóvízellátás fejlődése Magyarországon a római kortól napjainkig. (MAVÍZ, Budapest, 2006) Fejlesztések az 1990-es években a biztonságos ellátás és a vízminőség javítása érdekében

2.7 Vegyi anyagok használata az ivóvízkezelés során

Az ivóvíz tisztítása során elsődleges szempont, hogy az ivóvíz, amit a lakosság emberi fogyasztásra használ, mikrobiológiai szempontból kifogástalan legyen. Az ivóvíztisztítás története során a szakemberek már nagyjából száz évvel ezelőtt felfedezték, hogy a már megtisztított ivóvizet, ha klórral kezelik, akkor az elpusztítja azokat a mikroorganizmusokat, amik betegségeket okoznak. Ez óriás felfedezés volt, mivel a klóros ivóvíztisztítás elterjedése előtt a lakosságot állandóan visszatérő, az ivóvízben terjedő járványok tizedelték.

Az ivóvíz tisztítás klórral többféleképpen is történhet: Klórgázként, Nátrium-Hipoklorit-oldatként (hypo adagolásával), valamint szilárd anyag, Kalcium-Hipoklorit-ként (klórmész hozzáadásával)

A történelem során először Semmelweis Ignác magyar orvos vélt felfedezni összefüggést a fertőzések megakadályozása és a klór használata között. Az 1847-ben indított kísérlete során jelentősen visszaszorította a gyermekágyi lázban életüket veszítők nők számát. Elméletét úgy állította fel, hogy a boncolást végző orvosoknál szülő nők jóval nagyobb arányban haltak meg, mint azok, akik a boncolást nem végző bábáknál szültek. Ez a felfedezés nyomán jött rá arra, hogy a boncolás során az orvosok kezére kerülő hullaméregből a patogén mikroorganizmusok fertőzik meg a nőket. Több vegyszerrel való sikertelen próbálkozás után a klórmésszel történő fertőtlenítés hatásosnak bizonyult, amit kötelezővé is tettek. A magyarázatot viszont nem tudott adni a módszerre, ennek bizonyítására csak évtizedekkel később került sor.²²

Louis Pasteur 1877 és 1887 között viszont komoly előre lépéseket ért el a fertőzések és a mikroorganizmusok közötti összefüggés bizonyításában. A tudósok még ebben az évtizedben ténylegesen bizonyítani tudták, hogy egyes mikroorganizmusok megbetegedéseket okozhatnak az élő szervezetekben.

Az első klórral történő ivóvíztisztítást Angliában végezték el az 1890-es évek végén, hazánkban klórral először az első világháború után, az 1920-as években kezdték el tisztítani az ivóvizet.²³

²²Semmelweis Egyetem, Az egyetem története <https://semmelweis.hu/az-egyetemrol/az-egyetem-tortenete/semmelweis-ignac/> (letöltés ideje: 2024.06.02.)

²³Nemzeti Közzolgálati Egyetem, Katasztrófavédelmi Intézet, Ipari tevékenységekből eredő veszélyforrásuk és elhárításuk, egyetemi jegyzet, szerzők: Pátzay György-Dobor József https://tudasportal.uni-nke.hu/xmlui/bitstream/handle/20.500.12944/10285/ebook_KVI_ipari_veszelyforrasok_elharitasa.pdf?sequence=1&isAllowed=y (letöltés ideje: 2024.06.07.)

2.8 A klórgáz használata az ivóvízkezelés során

Tulajdonságai:

- zöldes-sárga színű gáz
- irritáló szagú
- a levegőnél nehezebb
- nem gyúlékony, oxidáló hatású
- cseppfolyósítva, nyomás alatt tartva tárolják és szállítják

A klór használatának előnyei:

- erős csíraölő hatása miatt jelentős mértékben elpusztítja a mikroorganizmusokat az ivóvízben
- szabályozza a csőhálózatban és a tározókban növekedő algatelepeket, gobákat és baktériumokat
- eltávolítja a szennyvíztisztítás folyamata során nem kívánatos hidrogén-szulfid, ammónia és nitrogént tartalmazó vegyületeket
- jól működő, költséghatékony eljárás
- hatékony és megbízható az alkalmazása, sokféle mikroorganizmus ellen hatásos
- kellemetlen, káros szagokat megszünteti
- jól szabályozható a klórgáz adagolásának mennyisége, attól függően, hogy a tisztítandó víz mennyire igényel kezelést

A klór használatának hátrányai:

- az ivóvíz klórral történő tisztítása során visszamaradó klór már kis mennyiségben is mérgező a vizekben élő növényekre, állatokra
- a klór a szerves anyagokkal vegyületeket alkot, ezek a vegyületek akár mérgezőek is lehetnek az emberekre
- vannak olyan mikroorganizmusok, amik ellenállóak a kis mennyiségű klórral szemben
- a tisztított, klórral kezelt víz visszajuttatásának hatása az élővízi befogadókba nem ismert hosszú távon
- a klór szállítás és a tárolása is veszélyes lehet

A klórgáz veszélyei:

- nagyon irritáló hatású gáz, mind a szemre, orra, bőrre és a tüdőre nézve is
- a bőrrel vagy szemmel érintkezve komoly égési sérüléseket, akár vakságot is okozhat
- a hirtelen kiáramló cseppfolyós klór fagyási sérüléseket eredményezhet
- képes megtámadni a műanyagok és gumik egyes típusait
- a klórgáz belélegezve már alacsony koncentrációban is halálos lehet
- Klórgáz kikerülése során a mentéshez és a felderítéshez is a legmagasabb fokú védelem szükséges a mentést végzőknek, a kikerülés helyét szélirányból kell megközelíteni^{24 25}

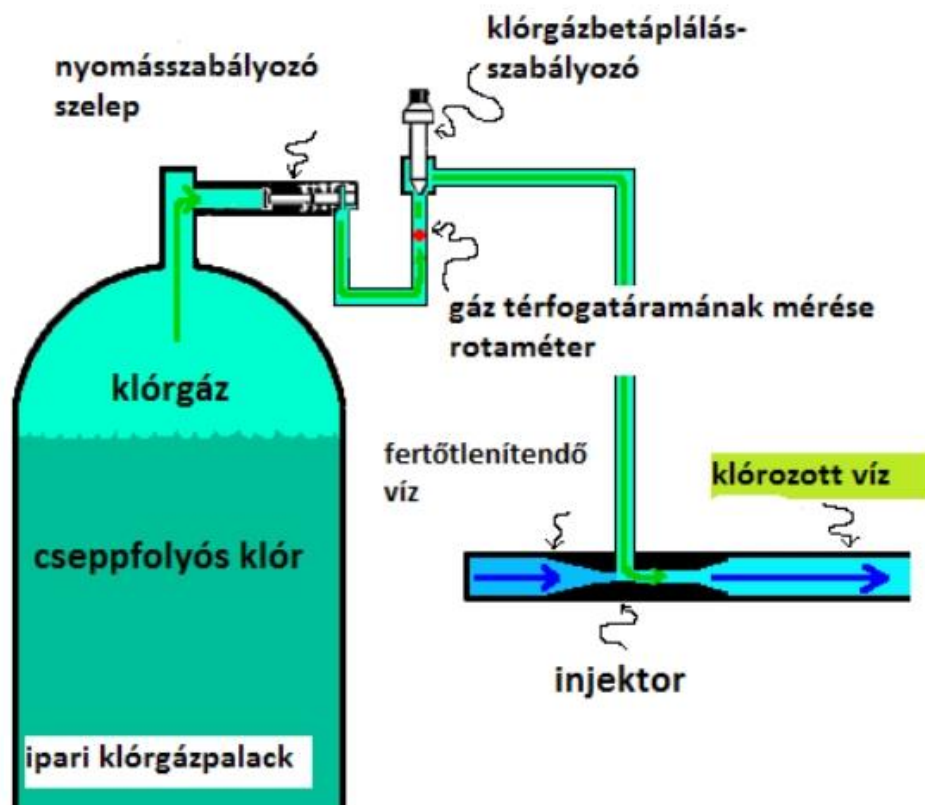
A klór fertőtlenítő hatása:

Amikor a klórgázt a vízbe vezetik, hipoklórsav és Hipoklorit anion, továbbá hidrogén kation jön létre, ezek kémiai tulajdonságaik nagyban eltérnek egymástól. Ezek közül a hipoklórsav erősebb oxidáló hatású, így erősebb fertőtlenítő is. A víz pH értéke határozza meg, hogy hipoklórsav vagy Hipoklorit anion van jelen nagyobb számban a rendszerben. Alacsonyabb pH értéknél, savasabb vízben, nagyobb részben hipoklórsav van a rendszerben, a hipoklórsav molekulák áthatolnak a sejtmembránon és a sejt belső alkotóival, a tápanyagával és az energiaforrásával lépnek kapcsolatba. Magasabb pH értéknél a Hipoklorit anionok aránya magasabb a klórozás alá vetett vízben. A Hipoklorit anion nagyobb méretű, nem tud áthatolni a sejtmembránon, több ideig tart mire károsító hatást tud kifejteni a sejtre. Ezért a fertőtlenítés folyamata is hosszabb ideig tart.

Ahhoz, hogy a klórgáz a vízben kifejtsen a hatását, minimálisan 30 perc és tökéletes elkeveredés szükséges. A klórgázt palackokban, cseppfolyós állapotban szállítják és tárolják nagy nyomás alatt. A klórgázt a palackokból engedik az injektorba, majd a rotaméteren keresztül a fertőtlenítő rendszerbe. A környezetből származó hő hatására a palackokban lévő cseppfolyós klór klórgázzá párolog. Ha több klórgáz szükséges a fertőtlenítéshez, akkor a palackokat sorosan összekapcsolják, így engedik a klórgázt a rendszerbe.

²⁴Nemzeti Közszerződési Egyetem, Katasztrófavédelmi Intézet, Ipari tevékenységekből eredő veszélyforrások és elhárításuk, egyetemi jegyzet, szerzők: Pátzay György-Dobor József https://tudasportal.uni-nke.hu/xmlui/bitstream/handle/20.500.12944/10285/ebook_KVI_ipari_vezelyforrasok_elharitasa.pdf?sequence=1&isAllowed=y (letöltés ideje:2024.06.07.)

²⁵ Műszaki katonai Közlöny XXVIII. évfolyam 2018 2.szám Kaluzsa Anikó, Kuti Rajmund, Berek Tamás-Biztonsági szempontok a Vízellátásban https://mkk.uni-nke.hu/document/mkk-uni-nke-hu/2018_2_21_KA_KR_BT_Biztonsagi%20szempontok.pdf (letöltés ideje:2024.06.18.)



3.ábra: A klórozás folyamata vákuumban²⁶

2.9 A klórozás folyamata a Foktő-barákai vízműben, riport

2024.03.29.-én volt lehetőségem ellátogatni a Foktő-barákai vízműbe, ahol a létesítmény egyik dolgozójával Bányai Sándorral bejárhattam a vízmű egész területét és megismerhettem a víztisztítási folyamat lépéseit, valamint riportot készíthettem vele a vízműben végzett ivóvízkezelésről és a vízmű létesítéséről, működéséről. A Foktő-barákai vízmű, Kalocsától 8 kilométerre a Duna mentén található. A vízműhöz legközelebb lévő település Foktő, ezért kapta ezt a nevet. A barákai vízmű 1973-ban kezdte meg a működését, 10 tervezett és 9 megfűrt kúttal. Ezt a vízvezetékrendszer kiépítése előzte meg, 1969-ben készült el a Dunapataj-Kalocsa-Szakmár településeket összekötő nyomócső lefektetése védőcsőben. A vízkivétel a Duna kavicságyába fűrt kutakból történik, parti szűrésű vízkinyerési elv alapján.

²⁶Nemzeti Közszolgálati Egyetem, Katasztrófavédelmi Intézet, Ipari tevékenységekből eredő veszélyforrások és elhárításuk, egyetemi jegyzet, szerzők: Pátzay György-Dobor József https://tudasportal.uni-nke.hu/xmlui/bitstream/handle/20.500.12944/10285/ebook_KVI_ipari_veszelyforrasok_elharitasa.pdf?sequence=1&isAllowed=y (letöltés ideje:2024.06.07.) 57.ábra

A Foktő barákai vízmű jelenleg a Kiskunsági vízközmű szolgáltatóhoz tartozik, 2023. májusa óta a Magyar Állam tulajdonában van. A 12 fúrt kútból jelenleg 4 működik, az idei évben további 2 kút fúrását tervezik. A vízmű havonta átlagosan 160.000 köbméter ivóvizet állít elő, ez a téli időszakban kevesebb, míg a nyári időszakban több a nagyobb vízigény miatt. A barákai vízmű nagyjából 50.000 embert lát el ivóvízzel, 15 község és Kalocsa városa használja az itt megtisztított vizet. A vízműből 2 felé ágazik el a megtisztított ivóvíz, az északi ág utolsó települése Dunatetétlen, míg a déli ágé Dusnok község. A vízműből érkező ivóvíz nyomását szivattyúk biztosítják, 4,93 bar nyomással. Ez a nyomás a települések nagyrészen a kis fogyasztás és a szintkülönbségek hiánya miatt elegendő, viszont Kalocsa városában a nagyobb fogyasztás és a magas épületek miatt először a kalocsai víztoronyba érkezik az ivóvíz, majd a hidrosztatikus nyomás következtében lesz megfelelő nyomás a vízhalózat minden részén. A vízhalózat déli ágának végén, Dusnok településen a vízműtől való nagy távolság miatt volt szükséges egy kisebb méretű hidroglóbusz építése. A Foktő-barákai vízmű az ivóvíz előállításához a nyersvizet, a Dunából nyeri. A folyó partjától kicsit messzebb fúrt kutakból már azt a vizet szivattyúzzák ki, ami a homokos-kavicsos talaj rétegen átszűrődik, viszont még emberi fogyasztásra nem alkalmas. A nyersvíznek ekkor még magas a vas és mangántartalma, ezért ezt el kell távolítani belőle. A nyers a szűrőtartályokba kerül, ahol első lépésben a vastalanítás folyamata, majd a mangán talanítás történik meg. A szűrőtartályok szűrőkavicsokkal vannak megtöltve, amik baktérium törzsekkel, kálium-permanganáttal és mangán kloriddal vannak beoltva, ezekbe a tartályokba engedik bele a nyersvizet. A szűrőtartályokba levegőt vezetnek, így a kavicsok nem tömörödnek össze, a nyersvízből a szűrőkavicsokra kicsapódik a vas és a mangán. A szűrőkavicsok darabonként 7.68 négyzetmilliméter szűrőfelülettel rendelkeznek, ahogy több vasat vagy mangánt kötnek meg, méretük megnő. A barákai vízműben 7 darab álló szűrőtartály, és 4 darab fekvőtartály (2 vas talanító és 2 mangán talanító) végzi a nyersvíz vas és mangán talanítását. Az álló szűrőtartályokban a folyamat egy tartályon belül zajlik, a vas a tartály alján, míg a mangán a tartály felső részében kerül a nyersvízből a szűrőkavicsokra. A fekvő szűrőtartályok estén a folyamat 2 részre van bontva. A vastalanítás és a mangán talanítás külön tartályokban történik, ez az eljárás modernebb és hatékonyabb az álló szűrőtartályokhoz képest, a fekvő szűrőtartályokban gyorsabb a folyamat. Amíg az álló tartályok 25-30 köbméter nyersvízből vonják ki a vasat és a mangánt óránként, addig a fekvő tartályok vas és mangán talanító kapacitása 100 köbméter víz óránként.

A szűrőtartályokból kijövő ivóvíz a vas és mangán talanítást követően a tározókba folyik át, a tartályokból a megtisztított víz nem csövön folyik ki, hanem a tartályok alján elhelyezett szűrőkosáron keresztül, ami megakadályozza annak a szűrőkavicsokkal való eltömődését. A barákai vízmű 2 darab, egyenként 1000 köbméter víz befogadására alkalmas tározóval rendelkezik. A megtisztított vizet a tározókból a hálózati szivattyú nyomja az ivóvízhálózatba. A vas és mangán talanítás után a barákai vízmű által megtisztított víz tiszta, egészséges, kiváló ivóvíz minőségű és emberi fogyasztásra alkalmas, más ivóvíztisztítási folyamatot nem igényel. A szűrőkavicsokat nagyjából 10 évente kell kicserélni, viszont ezen időtartam alatt több alkalommal a szűrőkavicsok átöblítésére van szükség. A tartályok tisztítására azok típusától függően kerül sor. Az állótartályok szűrőkavicsait 5000 köbméter nyers megtisztítása után kell átmosni, a fekvőtartályok átöblítése pedig 12000 köbméter megtisztított víz után esedékes. Az öblítés során az ivóvíztározókat lezárják, az öblítésre használt vasas, mangános vizet dekantáló medencékbe vezetik. A dekantáló medencékben a vasat és a mangánt üleptik, a gravitáció segítségével a víz fajsúlyánál nagyobb fajsúlyú vas és mangán a medence aljára ülepedik. A medence tetején maradó tiszta vizet elvezetik, majd átemelő szivattyú segítségével visszajuttatják az élővízbe, a Dunába. A medence alján maradó vasat és mangánt kiszáritják és veszélyes anyagnaként elszállítják.



*1. fotó: Fekvő vas és mangán talanító tartályok a Foktő-barákai vízműben
Szerző által készített fotó 2024.03.29.*



2. fotó: A Foktő-barákai vízmű ivóvíz tározói
Szerző által készített fotó 2024.03.29.



3. fotó: A Foktő-barákai vízműben az ivóvíz fertőtlenítésére használt klórpalackok
Szerző által készített fotó 2024.03.29.



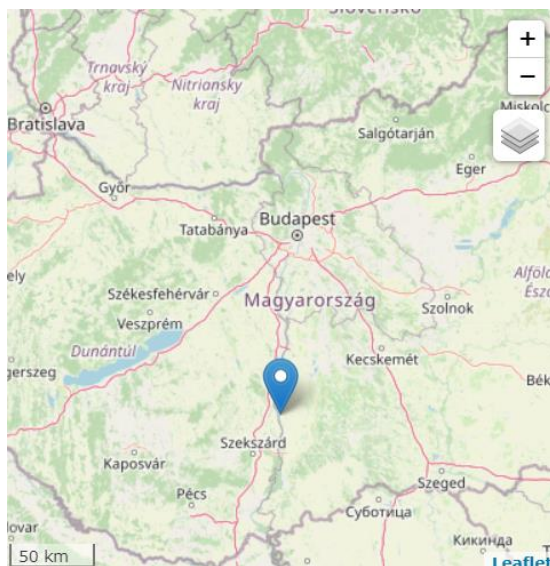
4. fotó: Álló vas és mangán talanító tartályok a Foktő-barákai vízműben
Szerző által készített fotó 2024.03.29.



5. fotó: A vas és mangán talanító tartályok tisztítása során használt víz dekantáló medencéi a Foktő-barákai vízműben, Szerző által készített fotó 2024.03.29

A Foktő-barákai vízműben az ivóvíz megtisztításhoz nem szükséges fertőtlenítő szert használni, az ivóvizet klórozás nélkül állítja elő a vízmű. Ez viszont nem minden vízmű esetén van így, a nyersvíz minőségétől, és a különböző víztisztítási technológiától függően változik a vegyi anyagok felhasználásának szükségessége az ivóvíztisztítás során. Ennek ellenére a klór használata elengedhetetlen a Foktő-barákai vízműben, mint bármely más vízmű esetén. A barákai vízműben ugyan az ivóvíz előállításához nem szükséges fertőtlenítőszer, az ivóvízhálózat fertőtlenítéshez elengedhetetlen. A csőhálózat fertőtlenítése kiemelkedően fontos feladat. A különböző mikroorganizmusok képesek lehetnek megtelepedni a vízhálózatban, így fertőzéseket, járványokat okozva a vizet elfogyasztók körében. Kiemelkedően fontos ennek a megelőzése, amit a vízhálózat fertőtlenítésével tudnak elérni. A barákai vízműben erre a célra klórgázt használnak, évi három alkalommal. A víz fertőtlenítéséhez átlagosan 5 darab klórpalack szükséges, a palackok darabonként 56-60 kilogrammosok, tárolásuk külön elzárt helyiségben történik. A klórgázt beinyektálják a tiszta ivóvízes tározókba, ami így kerül az ivóvízhálózatba, ahol képes kifejteni fertőtlenítő hatását, a fertőtlenítés ideje 7 nap.²⁷

A Foktő-barákai vízműben tett látogatás rendkívül informatív és hasznos volt számomra. Megtekinthettem közelről a barákai vízműben végzett ivóvíztisztítás folyamatát és lépéseit, így jobban megérthettem a jelenleg használt ivóvíztisztítási módszereknek a Foktő-barákai vízműben használt változatát.



4. ábra: A Foktő-barákai vízmű elhelyezkedése²⁸

²⁷Riport: riportalany: Bányai Sándor a Foktő-barákai vízmű dolgozója, 2024.03.29. Foktő-barákai vízmű Kiskunvíz Vízügy Zrt., riport készítő: Moravec Zoltán

²⁸ geocaching.hu Baráka, vízműtelep <https://geocaching.hu/poi.geo?id=208480>

2.10 Az ivóvíz fertőtlenítésére használható további vegyi anyagok

A klórgáz az ivóvízfertőtlenítés céljából leggyakrabban használt vegyi anyag, a hazai ivóvízfertőtlenítő rendszerek nagyrésze ezt a technológiát használja az ivóvízkezelés során. Ennek ellenére léteznek más vegyi anyagok is, amik alkalmazása ugyan nem annyira elterjedt, viszont alkalmasak lehetnek a vízben lévő patogén mikroorganizmusok elpusztítására.

Jód: Az ivóvíztisztítás során az ivóvíz fertőtlenítésére már nagyjából 100 éve használnak jódot. A jóddal való ivóvízfertőtlenítést sürgős esetekben, nem állandó jelleggel működő ivóvíztisztítás során használják leggyakrabban. Előnyei közé tartozik még, hogy olcsó így költséghatékony a jóddal történő ivóvízfertőtlenítés. A jód kémiai reakcióba lép a vízben lévő patogén mikroorganizmusokkal, ezáltal képes fertőtleníteni azt. A jóddal történő ivóvízfertőtlenítésnek viszont vannak hátrányai is. A pajzsmirigy betegséggel küzdők, jóderzékenyek és a terhes nők számára a jóddal való ivóvízfertőtlenítés nem megfelelő megoldás, mivel számukra a fertőtlenítés során használt a jód mennyisége túl sok.²⁹

Bróm: A bróm használata az ivóvízfertőtlenítés során bevett, gyakori módszer, főleg olyan helyzetekben, ahol a klórozás nem megoldható. Brómot bróm-dioxid formában használnak ivóvízfertőtlenítésre, ami erős oxidálószer. A vízben lévő patogén mikroorganizmusokat a bróm oxidálja, ami a kórokozók sejtfalainak megsérülésével, majd a sejtek elpusztulásával jár. A bróm sokféle kórokozóval szemben hatásos és megbízhatóan, sokszor a klórral szemben is hatásosabban képes elpusztítani a vízben a patogén mikroorganizmusokat. A bróm használatának viszont vannak hátrányai is. Elsősorban a bróm használata költségesebb, mint a klór használata, ezért klórt használni az ivóvíz fertőtlenítése során olcsóbb és gazdaságosabb. Ezenkívül a bróm ugyan kevésbé erőteljes ízű és szagú, mint a klór, viszont a brómmal kezelt ivóvíz jellegzetes ízzel és szaggal rendelkezik.^{30 31}

Nátrium-hidroxid, kalcium-hidroxid: A nátrium-hidroxid és a kalcium-hidroxid használata kevésbé gyakori az ivóvíztisztítás során, ennek oka a fertőtlenítés a technológiai megvalósításának viszonylagos bonyolultsága, és a fertőtlenített ivóvíz keserű íze abban az esetben, ha az nátrium-hidroxiddal vagy kalcium-hidroxiddal volt kezelve. Mindkét vegyület kémiai reakcióba lép a vízben lévő patogén mikroorganizmusokkal, így pusztítva el azokat.

²⁹Sulinet.hu Tudásbázis, A víz fertőtlenítése <https://tudasbazis.sulinet.hu/hu/szakkepzes/egeszsegneveles/utazas-egeszsegugy/viz-viz-tiszta-viz-fogyasztas/a-viz-fertotlenitese> (letöltés ideje:2024.07.23.)

³⁰World Health Organization, Publications, Alternative drinking-water disinfectants: bromine, iodine and silver, <https://www.who.int/publications/i/item/9789241513692> (letöltés ideje: 2024.07.26.)

³¹Bromine as a drinking-water disinfectant https://cdn.who.int/media/docs/default-source/wash-documents/wash-chemicals/bromine-02032018.pdf?sfvrsn=8890aff_3 (letöltés ideje:2024.07.28.)

2.11 Az ivóvízfertőtlenítés vegyi anyagok nélküli megoldásai

Az ivóvíz fertőtlenítése a patogén mikroorganizmusoktól vegyi anyagok nélkül is lehetséges. Számos technológiai módszer létezik az ivóvíz fertőtlenítésére, amikhez nem szükségesek olyan vegyi anyagok, mint a klór, vagy az előbbieken bemutatott egyéb anyagok. Ezeknek a módszereknek óriási pozitívuma, hogy mivel nem használnak vegyi anyagokat a fertőtlenítés során, így a sok esetben veszélyes vegyi anyagokat nem kell sem szállítani, sem tárolni, ami nagy mértékben lecsökkenti az esetleges balesetek számát. Viszont sajnos ezen technológiák nem minden esetben alkalmazhatóak, ezért egyelőre a vegyi anyagok használata nem váltható ki teljesen az ivóvízkezelés folyamatából.

Forralás: A víz fertőtlenítésére legrégebben használt módszer a víz felforralása. A hőkezelés következtében a vízben lévő patogén mikroorganizmusok elpusztulnak, így a felforralt víz emberi fogyasztásra alkalmassá válik, viszont a módszer hátránya, hogy a víz felforralása sok energiát igényel.

Desztillálás: A vizet első lépésben felforralják, ami ezután gőzzé válik, így szennyező anyagok pedig visszamaradnak. Ezután a vízgőzt lehűtik, ami folyékony tiszta ivóvízzé alakul át a kondenzáció következtében. A desztilláció nagyon hatékony módszer a víz fertőtlenítésére, mivel teljes mértékben képes elpusztítani a kártékony mikroorganizmusokat. Viszont a desztillálás hátrányai, hogy mint a forralás esetén is, rendkívül nagy energiaigénye van a víz felforralásának, valamint csak lassan és korlátozott mennyiségű vizet lehet desztillálni. Ezenkívül a desztilláció során a hasznos ásványi anyagok is eltűnnek a vízből, ami így ízetlen lesz és nem fog tartalmazni az emberi szervezet számára fontos ásványi anyagokat.³²

Ultraibolya sugárzás (UV): Az egyik legkorszerűbbnek számító eljárás, amely során vegyi anyag felhasználása nélkül meglehetősen tisztítani a vizet a különböző fertőzéseket okozó kórokozóktól. A technológia alapja, hogy a nagy energiájú UV fény elpusztítja a patogén mikroorganizmusokat. Ezt azáltal éri el, hogy az általában rövidhullámhosszú (250nm) UV fény, károsítja a kártékony baktériumok és vírusok DNS-ét, amik így képtelenek lesznek arra, hogy szaporodjanak. Ez a folyamat, ami során az ultraibolya sugárzás károsítja a kártékony mikroorganizmusok DNS-ét, a csíráztatás.

³²Euro-Clear.eu, A 4 leghatásosabb vízfertőtlenítési módszer
<https://www.euro-clear.eu/a-4-leghatasosabb-vizfertotlenitesi-modszer/> (letöltés ideje:2024.07.10.)

Az UV fénnel történő ivóvíztisztítás előnyei, hogy nem használnak a folyamat során vegyi anyagokat, így nem változik meg a víznek sem az íze, sem az illata, az eljárás gyors és hatékony, továbbá ez az eljárás használható olyan kórokozók ellen is, amik ellenállnak a klórral történő fertőtlenítésnek. Az ultraibolya sugárzás segítségével történő ivóvíztisztításnak viszont a hátránya az, hogy abban az esetben, ha a víz nem tiszta, zavaros, a folyamat hatékonysága kisebb vagy nagyobb mértékben csökkenhet a víz zavarosságának függvényében, valamint az UV lámpák folyamatos karbantartást igényelnek. Hazánkban is használnak UV fényt az ivóvíz fertőtlenítésre, nagy részben intézmények, például kórházak, ahol fontos a tiszta, különösen jó minőségű ivóvíz. Ezenkívül magán háztatások, kutak vízének a megtisztítására használják.³³

Ózonnal történő ivóvízkezelés: az ózonnal történő ivóvíztisztítás jó hatásfokú és vegyszerek nélküli módszer az ivóvízben lévő patogén mikroorganizmusok elpusztítására. Az ózonnak rendkívül erős oxidáló hatás van, így képes hatékonyan fertőtleníteni az ivóvizet. Előnyei: az ózont az ivóvíztisztítás során közvetlenül a vízbe juttatják, ahol rövid idő alatt lebomlik és csak oxigént hagy maga után, semmi más káros anyagot. Ez javítja az ivóvíz illatát és ízét is.

Előnye továbbá az is, hogy hatékonyabb és gyorsabb, mint a klórral történő ivóvízfertőtlenítés, és képes elpusztítani azokat a kártékony mikroorganizmusokat is, amik ellenállnak a klórral történő fertőtlenítésnek. Az ózon továbbá nem csak az ivóvíz tisztítására, fertőtlenítésére használható fel, mivel oxigénné bomlik le az ózon így képes feljavítani a víz illatát és ízét is. Hátrányai: az ózonnal történő ivóvízfertőtlenítésnek viszont számos hátránya is van. Az ózon nem szállítható, helyben kell minden esetben előállítani ózongenerátor segítségével. Továbbá az ózon beoltására és a lebomlásának ellenőrzésére szolgáló berendezések jóval költségesebbek a klórozás esetén használt eszközöknél. Az ózon annak ellenére, hogy rendkívül hatékony, instabil molekula ennek következtében gyorsan lebomlik, ez megnehezíti a hosszantartó ivóvízfertőtlenítést, az ivóvízszállítás során nem garantálható a tiszta, patogén mikroorganizmusoktól mentes ivóvíz.³⁴

³³Környezetmérnöki Tudástár Sorozat szerkesztő: Dr. Domokos Endre XXVI. kötet, Ivóvíztisztítás és víztisztaságvédelem, Szerzők: Kovács Zsófia Kárpáti Árpád, Az anyag a TÁMOP 4.1.2.A/1-11/1-2011-0089 téma keretében készült a Pannon Egyetemen. <https://tudastar.mk.uni-pannon.hu/anyagok/26-Ivoviztisztitas.pdf> (letöltés ideje: 2024.07.11.)

³⁴ScienceDirect.com, Chapter Four - Ozonation in drinking water treatment: an overview of general and practical aspects, mechanisms, kinetics, and byproduct formation <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0166526X21000143> (letöltés ideje:2024.08.02.)

Fordított ozmózis elvén működő ivóvíztisztítás: a fordított ozmózis, az ozmózis folyamatának megfordítását jelenti, a technológiát az 1960-as években fejlesztette ki a NASA. Az ozmózis folyamata, a természetben is megfigyelhető a növények tápanyaghoz jutása során. Ozmózis során egy félig áteresztő membránon, élőlények esetén a sejtfalon keresztül az alacsonyabb töménységű elegy felől a nagyobb töménységű elegy felé áramlik át a víz, így egyenlítve ki a két oldal különbségét. A fordított ozmózis során ezt a tulajdonságot használják ki, viszont megfordítva a folyamatot. A természetben előforduló ozmózissal ellentétben a fordított ozmózis során a nagyobb töménységű elegyből, ami a szennyezett víz, kényszerítik a vizet az alacsonyabb töménységű tiszta víz felé egy olyan szűrőn keresztül, ami a legapróbb mikroorganizmusokat is megszüri. Ahhoz, hogy a szennyezett víz át préselődjön a szűrőmembránon, a szennyezett víz felől nyomásra van szükség. Ezen nyomás segítségével nyomódik át a szennyezett víz a szűrőn. A folyamat első lépéseként a tisztítandó vizet előszűrik, hogy a nagyobb méretű szennyező anyagok például kavicsok, homok, üledék ne tegyenek kárt a finom apró membránszűrőben. Ezután préselik át nyomás segítségével a szűrőmembránon a szennyezett vizet, amin csak a víz molekulák képesek átjutni, minden más például vírusok, baktériumok, nehézfémek és sók fennakadnak a szűrőn. Sok esetben a tisztított vizet még aktív szénnel utó kezelik, ami képes eltávolítani az esetleges megmaradt szennyező anyagokat, valamint jobba teszi az ízét az ivóvíznek.

Előnyei: a fordított ozmózissal történő ivóvízfertőtlenítés rendkívül magas hatásfokú, nagy hatékonysággal szűri ki a tisztítandó vízből a baktériumoknál ezerszer, a vírusoknál tízszer kisebb szennyező anyagokat, mikroorganizmusokat is. Előnye továbbá az is, hogy ipari, valamint háztartási célokra is felhasználható ez a fajta ivóvíztisztítási technológia. A fordított ozmózis elvén működő ivóvízfertőtlenítés óriási előnye, hogy nem szükségesek a tiszta ivóvíz előállításához vegyi anyagok, így azok előállítása, szállítása, tárolása, felhasználása nem hordoz magával további veszélyforrásokat, balesetek lehetőségét.

Hátrányai: a fordított ozmózissal történő ivóvíztisztításnak viszont több hátránya is van. A folyamat során a szűrőmembránon nemcsak a patogén mikroorganizmusok és a szennyeződések akadnak fent, hanem a szervezetünk számára hasznos különböző ásványi anyagok is. A fordított ozmózis technológiájának része, hogy a különböző szennyezőkkel teli elegyet el kell tüntetni, ami víztöbblettel jár. A rendszer hatékony működésétől függően az el nem fogadható víz mennyisége, ami szennyezett vízként távozik, 50 de akár 80 százalék is lehet. Ezenkívül a fordított ozmózis rendszer kialakítása és üzemeltetése viszonylag sok pénzbe kerül, továbbá a szűrőmembránok cseréje is költséges lehet.

A fordított ozmózis technológiájának használata bár drága és nagy mennyiségű víz elvesztésével jár, viszont sós tengervíz vagy akár erősen szennyezett vizek is emberi fogyasztásra alkalmassá válhatnak, ezen technológia használatával. A világ számos hadserege, köztük a magyar honvédség is használ fordított ozmózis elvén működő ivóvíztisztító berendezéseket. Magyarországon több helyen is alkalmaznak fordított ozmózis ivóvíztisztítást, például az iparban, a közösségi ivóvízellátásban vagy a háztartásokban. Az élelmiszeriparban és a palackozott víz gyártásban is használják ezt a technológiát, és egyes települések, ahol a kinyert nyersvíz minősége rossz, ott használnak fordított ozmózis ivóvíztisztítást.³⁵³⁶

Gamma sugárzással történő ivóvíztisztítás: a gamma sugárzással történő ivóvízfertőtlenítés egy nagyon hatásos, viszont keveset használt módszer az ivóvíz megtisztítására a káros mikroorganizmusoktól. A gamma sugárzás ionizáló sugárzás, aminek az energiáját radioaktív izotópok biztosítják, legtöbb esetben kobalt-60 vagy cézium-137. A sugárzás rendkívül hatásosan pusztítja el a vízben lévő mikrobiológiai szennyezők DNS-ét, így fertőtlenítve a szennyezett vizet.

Előnyei: a gamma sugárzással történő ivóvízkezelés lehetővé teszi olyan kórokozók elpusztítását is, amire egyéb ivóvízfertőtlenítési módok, például az ultrabolya sugárzás, nem képesek. Vegyi anyagok nélküli ivóvízfertőtlenítési módszer, így nem kell veszélyes vegyi anyagok szállításával, tárolásával történő veszélyektől tartani. Ezenkívül a gamma sugárzással történő ivóvízkezelés során a sugárzás behatóan átjárja a tisztítandó vizet, ennek következtében nagyobb mennyiségű víz is fertőtleníthető egyidejűleg.

Hátrányai: A gamma sugárzáshoz a radioaktív izotópok tárolás és használata szükséges, amik sok veszélyt rejtnek magukban. Ezek a sugárzó izotópok az erre alkalmas árnyékolás nélkül rendkívül veszélyesek a környezetükre nézve, káros hatást gyakorolnak az élő szervezetekre. A sugárzás forrását minden esetben megfelelően le kell védeni, annak kijutását különféle biztonsági intézkedések sorával kell szavatolni. Ezért az ilyen rendszerek működtetése és biztonságos üzemben tartása nagyon költséges. Ezen kívül a gamma sugárzás csak a mikrobiológiai szennyezőkkel szemben eredményes, a kémiai anyagok eltávolításához kombinálni kell egy másik ivóvíztisztítási eljárással.

³⁵Egészségesivóvíz.hu, Fordított ozmózis víztisztító működése <https://www.egeszseges-ivoviz.hu/forditott-ozmozis/> (letöltés ideje:2024.08.04.)

³⁶ScienceDirect.com Reverse Osmosis <https://www.sciencedirect.com/topics/medicine-and-dentistry/reverse-osmosis> (letöltés ideje:2024.08.04.)

A gamma sugárzással történő ivóvíztisztítás helyett a jóval költséghatékonyabb és biztonságosabb UV fénnel történő ivóvízfertőtlenítés az elterjedtebb, a radioaktív izotópokkal történő ivóvíztisztítás csak rendhagyó esetekben alkalmazott a költséges berendezések és a radioaktív sugárzással kapcsolatos biztonsági kockázatok miatt. A gamma sugárzással történő víztisztítást alkalmazzák ipari szennyvizek megtisztítására, ami több eredményes kísérlettel végződött az erősen szennyezett vizek esetén is.^{37 38 39}

³⁷National Library of Medicine, Treatment of industrial wastewater with gamma irradiation for removal of organic load in terms of biological and chemical oxygen demand <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7895719/> (letöltés ideje: 2024.08.05.)

³⁸ScienceDirect.com Utilization of gamma and e-beam irradiation in the treatment of waste sludge from a drinking water treatment plant <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0969806X20302486> (letöltés ideje:2024.08.06.)

³⁹Hadmérnök XIII. Évfolyam 1.szám-2018 március A vízminőség védelemmel kapcsolatos problémakör hazai helyzete http://www.hadmernok.hu/181_13_csosz.pdf (letöltés ideje:2024.09.11.)

3. Magyarországon lehetséges káresemények utáni ivóvízellátás

Magyarország bár jó földrajzi elhelyezkedéssel rendelkezik, a mezőgazdasági termelésére és az ipari létesítményeire is szigorú szabályozások vonatkoznak, mégis ezen okokból kifolyólag, és az éghajlatváltozás negatív hatásai következtében számottevő katasztrófa következhet be, amik beszennyezhetik, megzavarhatják vagy megakaszthatják a hazánkban működő ivóvízhálózat folyamatos ellátottságát.

3.1 Árvíz esetén történő ivóvízszennyeződés

Hazánkban az egyik leggyakrabban bekövetkező katasztrófa az árvíz. Árvíz esetén a folyók vízszintje nagy mennyiségű csapadék lehullása, a hótakaró elolvadása vagy jégtorlódás következtében kiönt a folyómederből, elárasztva a folyók környezetében lévő területeket. Az árvíz következtében a vízzel elöntött területek különböző baktériumokkal, vírusokkal és parazitákkal szennyeződhetnek. Ennek az oka, hogy a víz alá került területekről a szennyvíz, ipari hulladékok és állati ürülékek beszennyezik az árvíz által elárasztott egyéb részeket is. Az árvíz elvonulása után kiemelten fontos, hogy az árvíz által beszennyezett területek fertőtlenítése megtörténjen, ezzel megelőzve az olyan járványok terjedését Hepatitis A vagy a kolera. A katasztrófavédelemnek kiemelet szerepe van nemcsak az árvízi védekezésben, hanem az árvíz utáni helyreállítási feladatokban is, erről a *2011. évi CXXVIII. törvény a katasztrófavédelemről és a hozzá kapcsolódó egyes törvények módosításáról* rendelkezik. Árvíz esetén az elárasztott területeken lévő vízbázisokat lekell zárni, mivel ezek a vízben lévő kórokozók miatt beszennyeződhetnek, így nem biztonságosak.

Az árvíz elvonulását követően a katasztrófavédelem közegészségügyi szakemberekkel együtt dolgozva a vízbázisok, a vízhálózat, illetve a szennyvíztározók fertőtlenítését elvégzi a lakosság biztonságos ivóvízellátásának mielőbbi visszaállítása és a közegészségügyi kockázatok elhárítása érdekében, továbbá a vízügyi szakemberekkel együttműködve folyamatosan ellenőrzik vízminták vételezésével a víz minőségét. Kiemelt feladat az árvíz utáni károk felszámolása során a járványok megelőzése. A helyreállítási munkák során különösen fontos, hogy a lehetséges fertőzéseket terjedését megakadályozzák. Ezt védőoltásokkal, különféle higiéniai intézkedésekkel például kézfertőtlenítés, használati tárgyak és ruházat fertőtlenítése, valamint a lakosság tájékoztatásával lehet a leghatékonyabb módon véghez vinni. Az ivóvíz ellátó rendszerek teljeskörű fertőtlenítéséig és újra üzembe helyezéséig az ivóvízellátást mobil vízellátással kell biztosítani, például tartálykocsiból vagy palackos víz biztosításával a lakosság részére.

A 2013-as dunai árvíz az elmúlt évtizedek legnagyobb árvize volt Magyarországon, ami elvonulása után számottevő településen szükséges volt mind a vízhálózat fertőtlenítése, mind az addig alternatívként számontartott mobil ivóvízellátási módszerek használata a lakosság ivóvíz szükségletének biztosítása érdekében.^{40 41 42 43 44 45 46}

3.2 Aszályok hatása az ivóvízellátásra

Az aszályok olyan időszakok, amikor a magas hőmérséklet mellett kevés csapadék hullik. Magyarországon ezek a nyári időszakban fordulnak elő, az utóbbi évtizedekben egyre nagyobb gyakorisággal. Hazánk nagyjából 90 százaléka aszály miatt veszélyeztetett, legnagyobb számban az Alföldön alakulnak ki aszályok, a régió természeti adottságaiból és földrajzi elhelyezkedéséből adódóan.

Az aszályok negatív következményei leinkább feltűnő módon a mezőgazdaságra hatnak, viszont a hosszantartó szárazságok hozzájárulnak a talajerózióhoz, valamint a talajvízszint és a folyókban lévő víz mennyiségének csökkenése negatívan hat az ivóvízbázisokra is.

Az aszályok következményeként csökkenni kezd az ivóvízkészletünk mennyisége, valamint a minősége is. A lakossági ivóvízellátásban, valamint az iparban és a mezőgazdaságban is szükség van az ivóvízre ezekben az időszakokban is, ez viszont túlterhelheti a vízellátó rendszereket. Az utóbbi évtizedek egyik legsúlyosabb aszálya a 2022-es évi nyári időszakban volt. Számos alföldi településen alakult ki vízhiány, valamint a Duna és a Tisza vízállása rekord szinten alacsony volt. A mezőgazdaságban komoly következményekkel járt a szárazság, jelentősen visszaesett a szántóföldi növények termés hozama.

⁴⁰Észak-Dunántúl Vízügyi hatóság, [eduvizig.hu](https://www.eduvizig.hu/eszak-dunantuli/arvizvedelem-vizkarelharitas/helyi-vizkarelharitas/helyi-vizkarelharitas), Árvízvédelem-vízkárelhárítás, Helyi Vízkárelhárítás <https://www.eduvizig.hu/eszak-dunantuli/arvizvedelem-vizkarelharitas/helyi-vizkarelharitas/helyi-vizkarelharitas> (letöltés ideje:2024.08.28.)

⁴¹Belügyminisztérium Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság, [katasztrofavedelem.hu](https://katasztrofavedelem.hu/286/katasztrofatisok-arviz), Katasztrófatípusok-Árvíz <https://katasztrofavedelem.hu/286/katasztrofatisok-arviz> (letöltés ideje:2024.08.28.)

⁴²Belügyminisztérium Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság, [katasztrofavedelem.hu](https://katasztrofavedelem.hu/417/arviz-2013), Szakmai tájékoztatók, Polgári védelmi szakterület, Árvíz 2013. <https://www.katasztrofavedelem.hu/417/arviz-2013> (letöltés ideje:2024.08.28.)

⁴³orvosilexikon.hu, Árvíz utáni teendők <https://orvosilexikon.hu/cikkek/arviz-utani-teendok> (letöltés ideje:2024.08.28.)

⁴⁴2011. évi CXCVIII. törvény a katasztrófavédelemről és a hozzá kapcsolódó egyes törvények módosításáról <https://njt.hu/jogszabaly/2011-128-00-00> (letöltés ideje:2024.08.28.)

⁴⁵232/1996. (XII. 26.) Korm. rendelet a vizek kártételei elleni védekezés szabályairól <https://njt.hu/jogszabaly/1996-232-20-22> (letöltés ideje:2024.08.28.)

⁴⁶Vízgyűjtő Specifikus folyamatos monitoring rendszer módszertani rendszer kidolgozása és vízminőség osztályozó algoritmus adaptálása és tesztelése felszíni vizekre-Kovács Zsófia-Pannon Egyetem Vegyészmérnöki- és anyagtudományi Iskola 2018 https://real-phd.mtak.hu/710/1/Kovacs20Zsofia_dissertation_u.pdf (letöltés ideje:2024.09.12.)

A környezetre nézve is káros hatásokat gyakorolt a hosszan tartó szárazság, a talaj erózió mértéke, valamint az erdőtüzek száma is megnőtt. Több településen mélyebb kutak fúrásával tudták biztosítani az ivóvízellátást, viszont egyes alföldi településekre mobil ivóvízellátási módokon kellett eljuttatni az ivóvizet a lakosság részére.^{47 48}

3.3 Ipari katasztrófák esetén lehetséges ivóízszenyeződés

Ipari katasztrófák esetén rendkívüli mértékben károsodhatnak az ipari létesítmények környezetében lévő ivóvízbázisok, élővizek és a helyi vízhálózatok, amiknek súlyos közegészségügyi hatásai lehetnek. Az ivóízszenyezés hatásai a szennyezés módjától, a szennyezett terület földrajzi adottságaitól és az adott szennyeződött vízforrásnak a típusától függenek. Ezek a szennyezések származhatnak például vegyi anyagok szivárgásából, olajszennyezésből, radioaktív anyagok kikerüléséből a környezetbe vagy sav/lúgszenyezés következtében. Hazánkban ugyan nem gyakoriak az ipari katasztrófák, viszont néhány esetben történtek olyan balesetek, amik során az ivóvízellátás szennyeződésének felmerült a veszélye. Magyarországon az elmúlt években sajnos történtek olyan ipari katasztrófák, amik veszélyeztették a magyarországi ivóvízkészleteket. Ezek az események súlyosan károsítottak a környezetükben lévő élővilágot, az élővizeket és az ivóvízellátás biztonságát, ezek közül az egyik legismertebb az ajkai timföldgyár vörösiszap tározójának átszakadása.

⁴⁷HungaroMet Magyar Meteorológiai Szolgálat Nonprofit Zrt., met.hu, Tanulmányok, 2022. a történelmi aszály éve – az év agrometeorológiai áttekintése https://met.hu/ismeret-tar/erdekessegek_tanulmanyok/index.php?id=3261&hir=2022_a_tortenelmi_aszaly_eve%E2%80%93az_ev_agrometeorologiai_attekintese (letöltés ideje: 2024.08.29.)

⁴⁸Belügyminisztérium Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság, katasztrofavedelem.hu, Katasztrófatípusok-Aszály <https://www.katasztrofavedelem.hu/292/katasztrofatipusok-az-aszaly> (letöltés ideje:2024.08.29.)

Ajkai vörösiszap katasztrófa:2010. október negyedikén az ajkai timföldgyár Ajka és Kolontár között lévő vörösiszap tározójának oldalának átszakadása következtében, a timföldgyártás melléktermékként visszamaradó erősen lúgos kémhatású, maró ipari hulladék elárasztotta Kolontár, Devecser és Somlóvásárhely települések egyes részeit. A katasztrófa felbecsülhetetlen ökológiai és gazdasági károkat okozott, továbbá a helyi ivóvízforrások beszennyezésével is fenyegetett. A katasztrófa bekövetkezte után a katasztrófavédelem a vízügyi szakemberekkel együtt dolgozva haladéktalanul megkezdte a vízminőség ellenőrzését a kiömlött ipari hulladék által beszennyezett területen és annak közelében. A Marcal folyóban végzett mérések kimutatták, hogy a víz pH értéke jelentősen megemelkedett a folyóba jutott lúgos ipari hulladék következtében. A szennyezés bekövetkezése után azonnal elrendelték az ivóvízkivételi pontok lezárását azokon a helyeken, ahol a kiömlött szennyező ipari hulladék eljuthatott az ivóvízellátást biztosító rendszerekhez, ezzel biztosítva, hogy az ivóvízhálózatba ne kerüljön be szennyezett víz, így megakadályozva annak a lakosság általi fogyasztását. A tiszta ivóvízellátást a szennyezés által érintett területen élő lakosság részére palackozott vizek kiosztásával, illetve tartálykocsikkal szállított ivóvízzel oldották meg. A tározó átszakadása következtében a vörös iszap több élővízbe is bekerült. A Marcal folyó és a környéken lévő kisebb vízfolyások erősen szennyeződtek. A katasztrófavédelem a katasztrófa bekövetkezése után megkezdte a vizekbe jutott lúgos szennyező anyagok semlegesítését a károk minimalizálása érdekében. A katasztrófavédelem és a vízügy szakemberei gipszet és különböző savas elegyeket adagoltak a szennyezett vizekhez. A gipsz a víz lúgosságának csökkentésében fejtette ki a hatását, míg a savas elegyeknek a semleges kémhatás visszaállításában volt fontos szerepük. A vörös iszap által elöntött területek leginkább szennyezett részein a talaj szennyeződött részeit eltávolították, ez nagyban hozzájárult ahhoz, hogy a felszín alatti vízrétegek nem szennyeződtek tovább. A katasztrófa után rendkívül fontos volt a lakosság tájékoztatás az ivóvízvételzés biztonságos módjairól, mivel így elkerülhető volt, hogy a szennyezett ivóvíz fogyasztása mérgezést okozzon a lakossági körében.^{49 50 51 52 53}

⁴⁹Katasztrófavédelem Központi Múzeuma és Vidéki Kiállító helyei, katasztrofavedelm.hu, 10 éve történt a vörösiszap-katasztrófa <https://muzeum.katasztrofavedelm.hu/35837/10-eve-tortent-a-vorosiszap-katasztrofa> (letöltés ideje:2024.08.14.)

⁵⁰greenpeace.org, Adalékok, megállapítások a "vörösiszap katasztrófa büntetőper" ügyében https://www.greenpeace.org/static/planet4-hungary-stateless/2018/10/f8054bd8-f8054bd8-greenpeace_megallapitasok.pdf (letöltés ideje:2042.08.15.)

⁵¹greenpeace.hu, Mérgezett örökségünk, Az ajkai vörösiszap-tározók <https://sites.greenpeace.hu/mergezett-oroksegunk/ajka/> (letöltés ideje:2024.08.15.)

⁵²Energiaügyi Minisztérium Országos vízügyi Főigazgatóság Vízügyi Honlap, vizugy.hu, Vörösiszap katasztrófa <https://www.vizugy.hu/index.php?module=content&programelemid=100&id=255> (letöltés ideje:2024.08.15.)

4. Fenntartható ivóvízhasználat, az ivóvíztisztítás jövője Magyarországon

4.1 A magyarországi ivóvízellátás jövőbeli problémái

Magyarországon jelenleg folyamatos, tiszta és jó minőségű ivóvízellátási rendszer működik, ami az ország szinte teljes területét lefedi és az év minden napján a rendelkezésünkre áll. Ennek ellenére már most látható jelei vannak annak, hogy erre a jövőben ilyen formában nem lesz lehetőségünk. A jelenlegi ivóvízfelhasználási szokásaink, az ivóvíz kinyerési és tisztítási technológiánk a jövőben nem lesznek fenntarthatóak, a mostani ivóvíz felhasználásunk az ivóvízkészleteink kimerüléséhez vezethet. Ennek több oka is van. Elsősorban Magyarország vízmérlege rendre negatív, vagyis több víz folyik ki az országból, mint amennyi beérkezik.



5.ábra: Magyarország lehetséges vízhiányok okai
Szerző által készített ábra, az 53,54,55,56, források alapján (2024.09.12.)

⁵³Műszaki katonai Közlöny XXVI. évfolyam, 2016. 2. szám Lakossági, ipari vízfelhasználás, és a vízfelhasználást veszélyeztető káresemények, különös tekintettel az ipari eredetű vízszennyezésre <https://nkerepo.uni-nke.hu/xmlui/bitstream/handle/123456789/14006/Lakoss%C3%A1gi,%20ipari%20v%C3%ADzfelhaszn%C3%A1l%C3%A1s%20%C3%A9s%20a%20v%C3%ADzfelhaszn%C3%A1l%C3%A1st%20vesz%C3%A9lyeztet%20%20k%C3%A1resem%C3%A9nyek,%20k%C3%BCl%C3%B6n%C3%B6k%20tekintettel%20az%20ipari%20eredet%20%20v%C3%ADzszennyez%C3%A9sekre.pdf?sequence=1> (letöltés ideje:2024.09.06.)

Az 1800-as években végrehajtott folyószabályozások következtében a folyók vize gyorsabban távozik az országból, valamint a 19. században létező árterek nagyjából 90 százalékanak levágásával a talaj vízmegtartó képessége is nagy mértékben csökkent. A lehulló csapadék egyenlőtlen eloszlásának következtében az ország egyes területein nagyon nagy mennyiségű, máshol viszont rendkívül kevés csapadék hullhat, 2022-ben hazánk különböző pontjain volt, ahol éves szinten kevesebb mint 340 milliméter csapadék hullott, másutt pedig elérte a 770 millimétert is. Továbbá a csapadék időbeli eloszlása is rendkívül szélsőséges, ugyanebben az évben az éves csapadék megközelítőleg 90 százaléka 60-70 nap alatt hullott le, és a csapadékos napoknak a száma évről évre csökken. Az éghajlatváltozás negatívan hat a magyarországi időjárásra így a csapadékeloszlásra is, ami szélsőséges időjárást és katasztrófákat idézhet elő. A hirtelen nagy mennyiségben lezúduló csapadékot a talaj nem képes eltárolni, sokszor belvizek és árvizek kialakulásához vezethet, ugyanakkor az ezeket megelőző száraz időszakokban szárazságok és aszályok alakulhatnak ki. Ez a folyamat hatással van a vízbázisok regenerálódására, ha a megfelelő mennyiségű víz nem képes visszakérülni a természetbe, a vízbázisok idővel kimerülhetnek, ami ivóvízellátási gondokat okozhat a következő évtizedekben. A jelenleg használt ivóvíztisztítási rendszer Magyarországon számos problémával néz szembe, amik következtében nem valószínű, hogy a jelenlegi formájában fenntartható lesz a jövőben. A vízbázisok nem megfelelő regenerálódása mellett nagy problémát jelent a mezőgazdaságban használt vegyszerek, ipari szennyező anyagok, valamint a nem megfelelően kezelt szennyvíz természetbe történő kikerülése, mivel ezek képesek beszennyezni a meglévő ivóvízkészletek is. A hazai ivóvízhálózatban jelentős problémát jelent az infrastruktúra elöregedése is, mivel ez számos esetben csőtörésekhez, nagy mennyiségű víz elszívárgásához vezethet, valamint az öregedő ivóvízvezetékrendszer szennyeződések forrása is lehet, amik az ivóvízbe kerülnek. Ezen problémákhoz hozzáadódik, hogy mind a lakossági felhasználásban, mind az iparban, mind a mezőgazdaságban növekvő vízfelhasználás figyelhető meg, ami nagyobb mennyiségű ivóvíz tisztítását vonja maga után, ezáltal több nyersvíz kivételére lesz szükség a vízbázisokból.^{54 55 56 57}

⁵⁴greendex.hu, A vízhiány okai Magyarországon <https://greendex.hu/a-vizhiany-okai-magyarorszagon/> (letöltés ideje:2024.09.02.)

⁵⁵Fenntartható fejlődési célok, A vízhez és szanitációhoz történő hozzáférés és a fenntartható vízgazdálkodás biztosítása mindenki számára, ksh.hu https://www.ksh.hu/sdg/cel_06.html (letöltés ideje:2024.09.02.)

⁵⁶Európai Számvevőszék, Víztisztítás a Duna vízgyűjtő területén: haladás tapasztalható a víz-keretirányelv végrehajtása terén, de sok még a teendő https://www.eca.europa.eu/lists/ecadocuments/sr15_23/sr_danube_progress_hu.pdf (letöltés ideje:2024.09.07.)

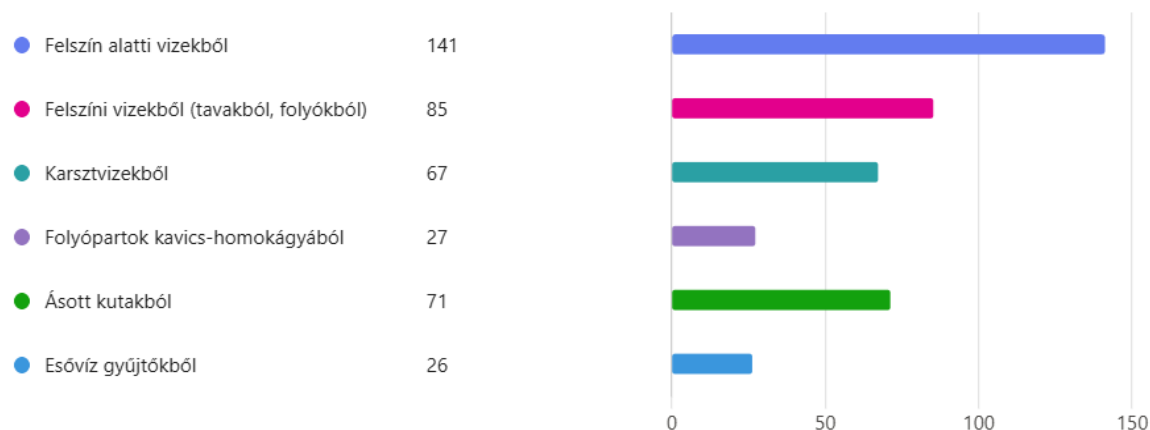
⁵⁷Carmen Gasparotti-A Duna vízgyűjtőjének főbb vízszennyezési tényezői https://www.researchgate.net/publication/269313635_The_main_factors_of_water_pollution_in_Danube_River_basin (letöltés ideje:2024.08.05.)

4.2 Kérdőív a víztakarékosságról és fenntartható vízhasználatról

Hazánk ivóvízellátásának biztosítása a jövőben sok kihívással fog járni, viszont számos előremutató és lehetséges megoldás létezik, amivel megoldhatóak lennének a problémák. Ebben a témában indítottam kérdőívet 2024.05.28.-án, amit 2024.09.10.-én zártam le, és ezen időszak alatt 179-en töltötték ki. A kérdőívben arra próbáltam választ kapni, hogy a kérdőívet kitöltő személyek hogyan viszonyulnak a jelenlegi ivóvízfelhasználásunkhoz, illetve hogyan viszonyulnak az új, ivóvíztakarékos technológiákhoz.

Honnan nyerhető a nyersvíz az ivóvíz előállításához Magyarországon?

178 Válaszok

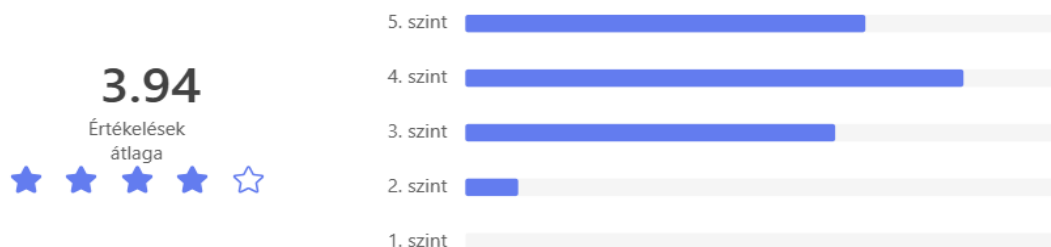


6.ábra: Magyarországi ivóvízbázisok
A szerző saját kutatása (2024.09.10.)

A válaszadók arra a kérdésre, hogy jelenleg honnan származik a hazai ivóvíz, legnagyobb arányban a felszín alatti, majd a felszíni vízi ivóvízbázisokat jelölték meg válaszként.

Milyennek tartja a magyarországi ivóvíz minőségét?

175 Válaszok



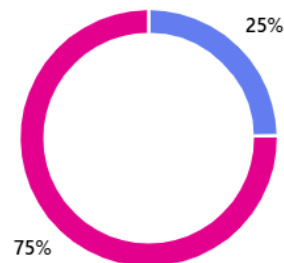
7.ábra: A magyarországi ivóvízellátás minősége
A szerző saját kutatása (2024.09.10.)

A válaszadók a jelenlegi magyarországi közműves ivóvízellátásból vételezhető ivóvíz minőségére irányuló kérdés során az ivóvizet legnagyobb arányban jónak értékelték.

Ön szerint a jelenlegi víz felhasználásunk fenntartható?

178 Válaszok

● Igen 44
● Nem 134



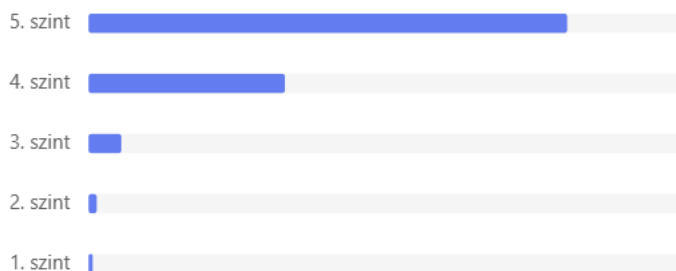
8.ábra: A jelenlegi hazai ivóvízfelhasználás fenntarthatósága
A szerző saját kutatása (2024.09.10.)

A kérdőívet kitöltők közül 134 fő, a kitöltők 75 százaléka gondolja úgy, hogy a jelenlegi vízfelhasználásunk nem fenntartható.

Ön mennyire tartja fontosnak a tudatos, takarékos vízhasználatot?

176 Válaszok

4.58
Értékelések
átlaga



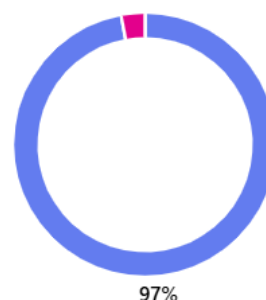
9.ábra: A tudatos vízhasználat fontossága
A szerző saját kutatása (2024.09.10.)

A válaszadók arra a kérdésre, hogy mennyire tartják fontosnak a takarékos és tudatos vízhasználatot, 66 százalékban nagyon fontosnak, további 27 százalékban pedig fontosnak ítélték.

Nyitott lenne olyan új technológiákra, amik kevesebb vízfelhasználást tesznek lehetővé?

172 Válaszok

● Igen 167
● Nem 5



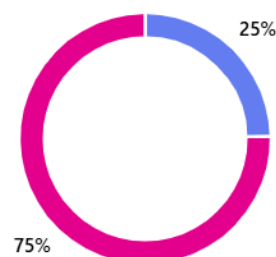
10.ábra: A kevesebb vízhasználatot eredményező új technológiák használatára való hajlandóság, A szerző saját kutatása (2024.09.10.)

A kérdőívet kitöltők 97 százalékban nyitottak lennének olyan új technológiák használatára, amivel csökkenthetjük az ivóvíz felhasználásunkat.

Halott már a szürkevíz kifejezésről?

174 Válaszok

● Igen 43
● Nem 131



*11.ábra: A szürkevíz ismerete
A szerző saját kutatása (2024.09.10.)*

A válaszadók 75 százaléka még nem hallott a szürkevíz kifejezésről, viszont a szürkevíz használata az egyik megoldás lehet a jövőben fellépő ivóvízellátási problémákra.

A kérdőív válaszai számomra azt mutatják meg, hogy a kérdőívet kitöltők közül nagyobb százalékban vannak azok, akik tisztában vannak az ivóvízkezelés jövőjét érintő problémákkal, és hajlandóságot is mutatnak arra, hogy új, eddig nem használt módszereket használva kevesebb vizet fogyasszanak.

4.3 Jelenleg használt víztakarékossági, ivóvízmegóvást segítő megoldások Magyarországon

Magyarországon már ma is számos olyan előremutató megoldás létezik, ami a vízkészletek megóvására irányulnak. Ezek a módszerek remek kezdetei lehetnek annak, hogy a következő években és évtizedekben további módszereket tudjunk bevezetni az ivóvízkészleteink megóvása érdekében.

Vízviisszatartás és víztározók építése: hazánkban több víztározó is épült, ezek közül a legnagyobb a Tisza-tó, ami a Tisza folyó áradása esetén képes felfogni a folyó megnövekedő vízmennyiségét így nemcsak árvízvédelmi szempontból hasznos, hanem a víz megtartására és így a mezőgazdaságban a növények öntözésére is szolgál, valamint élőhelyként is hasznos a vízpartokon honos növény és állatvilág számára. A tározók mellett csatornákat is építettek hazánkban az elmúlt évtizedek alatt, így ezek a csatornák is képesek felfogni és megtartani az áradások vagy belvizek következtében keletkező víztöbbletet.^{58 59 60}

Szennyvízkezelés: Hazánkban több szennyvíztisztító létesítmény is működik, amik fejlett szennyvíz tisztító eljárást alkalmaznak, és olyan tisztaságúvá teszik a szennyvizet, hogy azt képesek visszaengedni a természetes élővizekbe, így azok visszakerülnek a vízkörforgásba. Ilyen technológiát alkalmaznak például a budapesti szennyvíztisztítás során, a fővárosi szennyvíztisztító telepeken.^{61 62}

Víztakarékos öntözési rendszerek: A mezőgazdaságban már megjelentek azok a víztakarékos öntözési rendszerek, amik jelentős mértékben csökkentik a vízhasználatot. Ilyenek például a csepegtetős öntözőrendszerek, amik a vizet a növényeknek közvetlenül a gyökérzónájukhoz vezetik.

⁵⁸Észak-magyarországi Vízügyi Igazgatóság, emvizig.hu, Víziósszatartás <https://www.emvizig.hu/eszak-magyarorszag/vizgazdalkodas-vizszolgalatas/vizviisszatartas/vizviisszatartas> (letöltés ideje:2024.09.08.)

⁵⁹Hortobágyi Nemzeti Park Igazgatóság, hnp.hu, A Tisza-tó története <https://www.hnp.hu/hu/szervezeti-egység/turizmus/vizisetany/oldal/a-tisza-to-tortenete> (letöltés ideje:2024.09.08.)

⁶⁰A Duna-vízgyűjtő magyarországi része Vízyűjtő Gazdálkodási Terv– 2015 https://www.vizugy.hu/vizstrategia/documents/375DB968-DE9D-447E-AE23-F416F7CC4F5A/OVGT2_VITAANYAG_I.pdf (letöltés ideje:2024.08.20.)

⁶¹Fővárosi Csatornázási Művek Zrt. fcsm.hu, Szennyvíztisztítás <https://www.fcsm.hu/szolgalatasok/szennyvizisztitas/szennyvizisztitas> (letöltés ideje:2024.09.08.)

⁶²III. Soós Ernő Nemzetközi Tudományos Konferencia Víz- és szennyvízkezelés az iparban 2016 címmel, 2016. november 23-án megrendezett konferencia-előadásainak és kiállított poszttereinek tanulmánykötete ISBN 978-963-12-6370-1 https://sooswrc.hu/tartalom/tanulmanykotetek/VSZI16_Tanulmanykotet.pdf (letöltés ideje:2024.08.24.)

Ez csökkenti a felesleges párolgást és minimalizálja a vízvesztést, akár 50-70 százalékkal is kevesebb vízmennyiséget kell öntözésre használni egy hagyományos öntözőrendszerhez képest. Bár a karbantartásuk ezeknek az öntöző rendszereknek folyamatos és időigényes feladat, a jövőben jelentős szerepet fognak játszani a hazai mezőgazdaságban.⁶³

Esővíz gyűjtése: az esővizet már régóta számos háztartás és ipari létesítmény is gyűjti különböző esővíz tározókban, amit így tudnak hasznosítani ivóvíz felhasználása helyett.

4.4 Lehetséges jövőbeli megoldások

Magyarországon már mai is számos előremutató intézkedést láthatunk az ivóvízkészleteink megóvására, viszont ezek sajnos nem elegendők. A következő évtizedekben számos olyan technológiának az alkalmazására lesz szükség, amiket ma még nem használunk széles körben.

Szürkevíz alkalmazása az ivóvíz helyett:

Az általam indított kérdőív válaszai alapján a kitöltők nagy része nem volt tisztában a szürkevíz jelentésével. A szürkevíz a háztartásba keletkező olyan víz, ami már emberi fogyasztásra nem alkalmas, viszont ez nem feltétlenül jelenti azt, hogy nem hasznosítható egyéb módokon. Szürkevíz alatt például a fürdés vagy kézmosás során használt, a mosáshoz szükséges vagy a mosogatás alatt elfolyó vízre kell gondolni, ami a jelenleg használt módszer szerint szennyvízként távozik az otthonokból. A szürkevíz tartalmazhat haját, bőrsejteket, mosószert, valamint a tisztálkodásra használt tusfürdők, samponok és szappanok maradványait viszont nagyon fontos, hogy nem tartalmazhat a WC öblítése során használt emberi fekáliával érintkező vizet.

A szürkevíz alkalmazásának számos módja lehetne, például autómosás vagy WC öblítés során. Mindkettő tevékenység nagy mennyiségű víz felhasználásával jár, ez ma jelenleg Magyarországon emberi fogyasztásra alkalmas ivóvíz használatát jelenti ezekhez a tevékenységekhez is.

⁶³Agrárgazdasági Kutató Intézet, Az öntözhetőség természeti-gazdasági korlátainak hatása az öntözhető területekre https://moe.hu/wp-content/uploads/%C3%96ntlehat_vitaanyag_TAN_20170529.pdf (letöltés ideje:09.09.)

Egy átlagos háztartás vízfelhasználásának nagyjából felét szürkevíz alkotja, ezért az újra hasznosításával jelentős mennyiségű ivóvizet lehetne megtakarítani, valamint a kevesebb mennyiségű szennyvizet termelne az adott háztartás. A pozitívumai ellenére a szürkevíz felhasználásának számos problémája van. Annak ellenére, hogy a szürkevíz viszonylag tisztának mondható, tartalmazhatnak olyan szennyezőket, mint a különböző kémiai vegyületek, baktériumok, haj és bőrsejtek, ezért a szürkevíz megfelelő kezelést igényel.

A tisztítóberendezések és szűrők mellett, a szürkevíz elvezetésére független vízvezeték rendszert kellene kiépíteni, ami kezdetekben komoly anyagi beruházást igényel, valamint fokozottan kell figyelni a rendszer kiépítésénél arra, hogy egészségügyi okok miatt ne használhassák a szürkevizet emberi fogyasztásra. A szürkevíz használatának óriási szerepe lesz az elkövetkezendő évtizedek ivóvízkezelésében, annak ellenére, hogy anyagi beruházási költségek és higiéniai kérdések vannak a használatával kapcsolatban, remek lehetőség kínálkozik benne az ivóvízmegtakarítás és fenntartható vízhasználat problémájában. A lakossági felhasználás mellett, nagy szerepe lehet az iparban is, csökkentve az ipari létesítményekben felhasznált ivóvíz mennyiségét.^{64 65}

Fordított ozmózissal történő ivóvíztisztítás:

Az korábbiakban már bemutatott fordított ozmózist használó ivóvíztisztítási technológia a jövőben jóval nagyobb szerepet fog kapni, mint napjainkban, különösen azért, mivel képes a legkisebb szennyező anyagok eltávolítására is, ezért az ivóvíz tisztítására és egyben a vízminőség javítására jóval hatékonyabb rendszer lesz, mint a jelenleg legtöbb helyen működő ivóvízfertőtlenítési módszereink^{66 67}

⁶⁴greendex.hu Szürkevíz <https://greendex.hu/szurkeviz/> (letöltés ideje:2024.09.10.)

⁶⁵ National Library of Medicine, Greywater Characteristics, Treatment Systems, Reuse Strategies and User Perception—a Review <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6133124/> (letöltés ideje:2024.09.10.)

⁶⁶Egészségesivóvíz.hu, Fordított ozmózis víztisztító működése <https://www.egeszseges-ivoviz.hu/fordított-ozmozis/> (letöltés ideje:2024.08.04.)

⁶⁷ScienceDirect.com Reverse Osmosis <https://www.sciencedirect.com/topics/medicine-and-dentistry/reverse-osmosis> letöltés ideje:2024.08.04.)

UV fénnnyel történő ivóvíztisztítás:

A fordított ozmózis eljáráshoz hasonlóan, ennek a módszernek is egyre nagyobb szerepe lesz a jövőben a jelenlegi ivóvízfertőtlenítési módszereink fokozatos megújításában⁶⁸

Vízvesztesség csökkentése a vízvezeték rendszerekben:

A hazai vízvezetékek előregedése nagyban szerepet játszik abban, hogy jelentős mennyiségű ivóvizet hagyunk elfolyni a szivárgások és csőtörések következtében. A magyarországi vízhálózat fejlesztése és korszerűsítése folyamatosan zajlik, ami előremutató lépés az ivóvízkészleteink megóvása érdekében.⁶⁹

Perlátorok használata:

A perlátor egy olyan vízfogyasztás csökkentésére megalkotott eszköz, ami a csaptelepeknek a végére felszerveve levegőt adagol a vízhez. Ez azt a látszatot kelti, mintha ugyanolyan mennyiségű víz folyna, viszont ez a levegővel való dúsítás miatt csak optikai illúzió. A vízfogyasztás jelentősen csökken a perlátorok használata következtében, mindezt úgy elérve, hogy a felhasználó nem is tud róla. A hagyományos csaptelepek 12-15 liter vizet is használhatnak percenként, a perlátorral ellátott csaptelepeknél ez 5-7 literre csökken. Hazánkban a perlátorok használata egyre népszerűbb, a jövőben a háztartásokban, illetve a közintézményekben, illetve éttermekben és szállodákban a különböző csaptelepekre felszerelve jelentős mértékben tudná csökkenteni az ivóvízfogyasztást.⁷⁰

⁶⁸Környezetmérnöki Tudástár Sorozat szerkesztő: Dr. Domokos Endre XXVI. kötet, Ivóvíztisztítás és víztisztaságvédelem, Szerzők: Kovács Zsófia Kárpáti Árpád, Az anyag a TÁMOP 4.1.2.A/1-11/1-2011-0089 téma keretében készült a Pannon Egyetemen. <https://tudastar.mk.uni-pannon.hu/anyagok/26-Ivoviztisztitas.pdf> (letöltés ideje: 2024.07.11.)

⁶⁹Századvég Gazdaságkutató Zrt. A hazai vízközmű szolgáltatás aktuális helyzete https://www.maviz.org/system/files/szazadveg_tanulmany_-_a_hazai_vizikozmu-szolgalatas_aktualis_helyzete_2018_08_06.pdf (letöltés ideje: 2024.09.09.)

⁷⁰watersaving.com, Water saver-How an aerator can save money and resources <https://www.watersaving.com/en/water-saving-tips/water-saver-aerator-serve-water-and-money/> (letöltés ideje: 2024.09.11.)

5. Javaslataim

A dolgozatomban feldolgozott témákkal kapcsolatban a javaslataimat szeretném megtenni. Jelen korunkban az ivóvízkezelés a jövőben az egyik legfontosabb kérdéskör, ami megoldásra vár. Elsősorban szeretném a víztudatosság fontosságát hangsúlyozni, mivel úgy érzem az égető probléma ellenére nem kap elég hangsúlyt a mindennapjaink során. Úgy gondolom, a víztudatosságra többször és nyomatékosabban kellene felhívni a figyelmet.

Ennek első lépéseként az oktatásban nagyobb hangsúlyt kellene fektetni az ivóvízkezelés rendszerének bemutatására, hogy a gyerekek már kiskoruktól tisztában legyenek a tiszta ivóvíz értékével és azzal, hogy nem szabad pazarolnunk azt. A víztakarékosság fontosságáról és az ivóvízkészletek védelméről szóló ismereteket az általános, valamint középiskolai környezetismert, biológia, és a földrajz órákon mélyebben meglehetne ismertetni a diákokkal. Erre lehetőség lenne akár egy külön tantárgy létrehozásával is, aminek keretein belül a fenntarthatóságról, a vízgazdálkodás jelenéről és jövőjéről, valamint energiatakarékosáról tanulhatnának a diákok, korukhoz megfelelő szinten. Az ivóvíz megközelíthető lenne más tantárgyak szempontjából is, például a történelem órákon különösen kitérhetnének arra, hogy a múltban a különböző kultúrák növekedéséhez vagy éppen hanyatlásához milyen köze volt az ivóvíz korukat megelőző felhasználásának vagy hiányának, vagy a jövőben milyen problémákat okozhat a társadalomban vagy egyes országok között az ivóvízért való versengés. Emellett az ivóvízellátás fejlődésének megismerésével megérthetnék, hogy a tiszta, karnyújtásnyira lévő ivóvíz nem magától értetődő dolog.

Továbbá javaslom tudatosságnövelő kampányok indítását nemcsak az iskolás korosztály számára, hanem mindenkinek. Ennek több módja is lehetne, rádió és televíziókampányok, a közösségi médiában bemutatott rövid videók, animációk vagy népszerű magyarországi influenszerek bevonásával. A kampányok során bemutathatóak lennének az ivóvízkezelésnél alkalmazott vegyi anyagok veszélyei, az új technológiák megismertetése és elmagyarázása a lakosságnak.

A további javaslataim megtételéhez elkészítettem a magyarországi ivóvízkezelés SWOT elemzését. Ennek a segítségével jobban megérthetőek a hazai ivóvízkezelés erősségei, gyengeségei, azokat a tényezők, amik veszélyt jelenthetnek az ivóvízkezelésre, valamint azokat a lehetőségeket, amik segíthetnek megoldani a hazai ivóvízellátással kapcsolatos problémákat a jelenben és a jövőben.



12. ábra: A magyarországi ivóvízkezelés SWOT elemzése
 Szerző által készített ábra, az 53,54,55,56,68,69, források alapján (2024.09.14.)

A hazai ivóvízkezelésnek számos előnye van. Magyarország remek vízbázisokban gazdag ország, jelentős felszín alatti vízbázisokkal rendelkezik és szigorú szabályzások vonatkoznak az ivóvíz minőségére, amit erre kijelölt hatóság jogszabályok alapján ellenőriz, továbbá szakképzett munkaerő biztosítja az ivóvízellátást az év minden napján.

Ennek ellenére a hazai ivóvízellátás számos gyengesége is látható. Az elavult vízvezetékhalózatok jelentős mértékű vízvesztéseket okoznak, valamint a többször alulfinanszírozott felújítási és fejlesztési munkák miatt ezek cseréje bár az utóbbi években megnőtt, de sok esetben még nem valósult meg.

A klímaváltozás miatt egyre gyakoribb szélsőséges időjárás, az ipari és mezőgazdasági termelésből adódó szennyezések olyan katasztrófákat idézhetnek elő, amik valós veszélyt jelenthetnek a magyarországi ivóvízellátásra nézve.

De több olyan lehetőség is létezik, amik megoldást jelenthetnek. Az ivóvízfelhasználás csökkentése, Európai Unió támogatások igénybevétele az ivó- és szennyvízhálózat fejlesztésére, új technológiák bevezetése az ivóvízkezelésben és a hazai vízgazdálkodási rendszerének fejlesztése mind előremutató módszerek lehetnek.

Javaslom a tudatos ivóvízfelhasználás beépítését tananyagként az oktatásba és a mindennapokban való hangsúlyosabb népszerűsítést. Emellett javaslom az új technológiák működésének megismertetését a lakossággal, majd fokozatosan történő bevezetésüket a vízhálózat korszerűsítése mellett.

Javaslatokat szeretnék tenni a túlzott ivóvízhasználat csökkentésére is. Hazánkban egyre nagyobb mennyiségű ivóvizet fogyasztunk, olyan tevékenységre is használva az emberi fogyasztásra alkalmas tiszta, jó minőségű ivóvizet, mint autó mosás vagy WC öblítés. A vízhasználatunkat csökkenthetné az előbbieken általam javasolt víztakarékossággal szembeni nagyobb tudatosság, oktatás és ennek a népszerűsítése.

Az ivóvíz felhasználásunk jelentősen csökkenthető lenne víztakarékos megoldások beépítésével, például perlátorok használatával az otthonainkban, a közintézményekben vagy a szállodákban és a vendéglátóipari egységekben. A már felhasznált víz újra hasznosításával további jelentős mennyiségű ivóvizet takaríthatnánk meg. A szürkevíz újrahasznosítás például az előbb említett WC öblítés és autómosás során nagy mértékben hozzájárulna a takarékos vízhasználatához a mindennapjaink során.

6. Összegzés

A víz az életünk elhanyagolhatatlan része. Ha nincsen víz akkor élet sincsen, ezért nagyon fontos, hogy az életünk forrásául szolgáló tiszta vízre vigyázzunk. Napjainkban a tiszta ivóvíz biztosítása egyre nagyobb kihívást jelent. Az éghajlatváltozás negatív következményei, a növekvő vízigények, valamint az emberi tevékenységek miatt bekövetkező katasztrófák például ipari szerencsétlenségek, továbbá az ipari, mezőgazdasági és lakosági szennyezések mind károsan hatnak az ivóvízbázisainkra.

Már nem kell a Föld távoli részeire mennünk, hogy érezzük az ivóvízellátás egyre nagyobb kihívásait, már Magyarországon is érezhető, hogy a jelenlegi ivóvízfelhasználásunk a jövőben nem lesz fenntartható. A hazai ivóvízellátás történetének megismerésével és a ma használt ivóvíztisztítási rendszerek felfedezésével érthetjük meg, hogy mekkora kincs számunkra, hogy hazánkban jelenleg jó minőségű, tiszta és folyamatos ivóvízellátás működik. Ahhoz, hogy ezt a jövőben is biztosítani lehessen, új, korszerű ivóvíztisztítási módszerekre, a hazai vízhálózat fejlesztésére, tudatosabb vízhasználatra és hatékonyabb ivóvízbázisvédelemre van szükség.

A dolgozatom során kitértem a hazai ivóvíz kinyerésének módjaira, a jelenlegi ivóvíztisztítás technológiájára, valamint a mostani módszer során használt veszélyes vegyi anyagokra. Ezek a vegyi anyagok viszont lehetséges veszélyforrások a környezetre és az élővilágra, valamint az emberekre nézve is. Az elkövetkezendő évtizedekben fontos feladat lesz a hazai ivóvíztisztítás során leggyakrabban használt klórgáz kiváltása új, korszerű ivóvízkezelési módszerekkel, viszont ez csak fokozatosan, kis lépésekben tehető meg. A dolgozatom során bemutatott új technológiák, mint az UV fénnel történő, a fordított ozmózis elvén működő, vagy az ózon felhasználásával megvalósuló ivóvíztisztítási módszerek még nem elterjedtek széles körben. Üzembe helyezésük óriási anyagi beruházással járna, mivel az ország nagyrészen a klórozásra optimalizált ivóvízfertőtlenítő rendszerek működnek.

Az egyre gyakoribb szélsőséges időjárás, valamint az ipari és mezőgazdasági szennyezések következtében az ivóvízellátás biztonsága veszélybe kerülhet. A dolgozatom során kitértem azokra a különböző magyarországi katasztrófákra, amik következtében az ivóvíz szennyeződhet. Ezekben a helyzetekben a katasztrófavédelem, a vízügyi és egészségügyi szakemberekkel, az egyéb rendvédelmi szervekkel, a honvédséggel és civil szervezetekkel együtt működve a károk minimalizálása és a katasztrófa előtti állapot visszaállítása mellett a lakosság biztonságos ivóvízellátását is elvégzik sokszor alternatív ivóvízellátási módszerekkel.

Ezekben a helyzetekben nagyon fontos a szervezetek, illetve a lakosság közti megfelelő kommunikáció és együttműködés. Úgy gondolom, hogy a dolgozatom elkészítéséhez kitűzött céljaim közül a jelenlegi, illetve új ivóvíztisztítási módszerek és ezek során használt veszélyes vegyi anyagok bemutatása, és a hazai ivóvízellátás jövőbeli problémáira való megoldások keresése is megvalósult. A tiszta ivóvíz megóvása rendkívül fontos feladatunk, ezért a téma oktatása kiemelten központi szerepet kellene kapjon a jövőben.

7. Vonatkozó jogszabályok

- 1) 5/2023. (I. 12.) Korm. rendelet az ivóvíz minőségi követelményeiről és az ellenőrzés rendjéről
- 2) 1995. évi LVII. törvény a vízgazdálkodásról
- 3) 221/2004. (VII. 21.) Korm. rendelet a vízgyűjtő-gazdálkodás egyes szabályairól
- 4) 10/2010. (VIII. 18.) VM rendelet a felszíni víz vízszennyezettségi határértékeiről és azok alkalmazásának szabályairól
- 5) 16/2016. (V. 12.) BM rendelet a közcélú ivóvízművek, valamint a közcélú szennyvízelvezető és -tisztító művek üzemeltetése során teljesítendő vízügyi és vízvédelmi szakmai követelményekről, vizsgálatok köréről, valamint adatszolgáltatás tartalmáról
- 6) 219/2004. (VII. 21.) Korm. rendelet a felszín alatti vizek védelméről
- 7) 20/2004. (VII. 21.) Korm. rendelet a felszíni vizek minősége védelmének szabályairól
- 8) 30/2004. (XII. 30.) KvVM rendelet a felszín alatti vizek vizsgálatának egyes szabályairól
- 9) 1995. évi LIII. törvény a környezet védelmének általános szabályairól
- 10) 509/2023. (XI. 20.) Korm. rendelet a természetes gyógytényezőkről
- 11) 27/2005. (XII. 6.) KvVM rendelet a használt és szennyvizek kibocsátásának ellenőrzésére vonatkozó részletes szabályokról
- 12) 6/1989. (V. 13.) KVM rendelet a víz- és környezeti károk elleni védekezésnél foglalkoztatottak járandóságáról
- 13) 123/1997. (VII. 18.) Korm. rendelet a vízbázisok, a távlati vízbázisok, valamint az ivóvízellátást szolgáló vízellátási létesítmények védelméről
- 14) 74/2000. (V. 31.) Korm. rendelet a Duna védelmére és fenntartható használatára irányuló együttműködésről szóló, 1994. június 29-én, Szófiában létrehozott Egyezmény kihirdetéséről
- 15) 366/2015. (XII. 2.) Korm. rendelet a vízvédelmi igazgatási feladatokat ellátó szervek kijelöléséről, és egyes vízügyi tárgyú kormányrendeletek módosításáról
- 16) 10/1997. (VII. 17.) KHVM rendelet az árvíz- és a belvízvédekezésről
2011. évi CXXVIII. törvény a katasztrófavédelemről és a hozzá kapcsolódó egyes törvények módosításáról
- 17) 62/2011. (XII. 29.) BM rendelet a katasztrófák elleni védekezés egyes szabályairól
- 18) 234/2011. (XI. 10.) Korm. rendelet a katasztrófavédelemről és a hozzá kapcsolódó egyes törvények módosításáról szóló 2011. évi CXXVIII. törvény végrehajtásáról
- 19) 232/1996. (XII. 26.) Korm. rendelet a vizek kártételei elleni védekezés szabályairól

- 20) 2021. évi XCIII. törvény a védelmi és biztonsági tevékenységek összehangolásáról
- 21) 28/2004. (XII. 25.) KvVM rendelet a vízszennyező anyagok kibocsátásaira vonatkozó határértékekről és alkalmazásuk egyes szabályairól
- 22) 219/2011. (X. 20.) Korm. rendelet a veszélyes anyagokkal kapcsolatos súlyos balesetek elleni védekezésről
- 23) 31/2004. (XII. 30.) KvVM rendelet a felszíni vizek megfigyelésének és állapotértékelésének egyes szabályairól
- 24) 147/2010. (IV. 29.) Korm. rendelet a vizek hasznosítását, védelmét és kártételeinek elhárítását szolgáló tevékenységekre és létesítményekre vonatkozó általános szabályokról
- 25) 28/2004. (XII. 25.) KvVM rendelet a vízszennyező anyagok kibocsátásaira vonatkozó határértékekről és alkalmazásuk egyes szabályairól

8. Ábrajegyzék

Ábrák:

1. ábra: A vízmolekulák között kialakuló legerősebb másodrendű kölcsönhatás a hidrogénkötés, 3. forrás -7. oldal-
2. ábra: magyarországi ivóvízbázisokból származó ivóvíz százalékos aránya, Szerző által készített ábra, a 6. forrás alapján (2024.09.10.) -11. oldal-
3. ábra: A klórozás folyamata vákuumban, 26. forrás -24. oldal-
4. ábra: A Foktő-barákai vízmű elhelyezkedése, 28. forrás -29. oldal-
5. ábra: Magyarországon lehetséges vízhiányok okai, Szerző által készített ábra, az 53,54,55,56, források alapján (2024.09.12.) -40. oldal-
6. ábra: Magyarországi ivóvízbázisok, A szerző saját kutatása (2024.09.10.) -42. oldal-
7. ábra: A magyarországi ivóvízellátás minősége, A szerző saját kutatása (2024.09.10.) -42. oldal-
8. ábra: A jelenlegi hazai ivóvízfelhasználás fenntarthatósága, A szerző saját kutatása (2024.09.10.) -43. oldal-
9. ábra: A tudatos vízhasználat fontossága, A szerző saját kutatása (2024.09.10.) -43. oldal-
10. ábra: A kevesebb vízhasználatot eredményező új technológiák használatára való hajlandóság, A szerző saját kutatása (2024.09.10.) -44. oldal-
11. ábra: A szürkevíz ismerete, A szerző saját kutatása (2024.09.10.) -44. oldal-
12. ábra: A magyarországi ivóvízkezelés SWOT elemzése, Szerző által készített ábra, az 53,54,55,56,68,69, források alapján (2024.09.14.) -50. oldal-

Fotók:

1. fotó: Fekvő vas és mangán talanító tartályok a Foktő-barákai vízműben, Szerző által készített fotó 2024.03.29. -26. oldal-
2. fotó: A Foktő-barákai vízmű ivóvíz tározói, Szerző által készített fotó 2024.03.29. -27. oldal-
3. fotó: A Foktő-barákai vízműben az ivóvíz fertőtlenítésére használt klórpalackok, Szerző által készített fotó 2024.03.29. -27. oldal-
4. fotó: Álló vas és mangán talanító tartályok a Foktő-barákai vízműben, Szerző által készített fotó 2024.03.29. -28. oldal-
5. fotó: A vas és mangán talanító tartályok tisztítása során használt víz dekantáló medencéi a Foktő-barákai vízműben, Szerző által készített fotó 2024.03.29. -28. oldal-

9. Felhasznált Irodalmak

- 1) Nemzeti Köznevelési Portál, Kémia 9-10, I. Milyen részecskékből állnak az anyagok?
https://nat2012.nkp.hu/tankonyv/kemia_9_a/lecke_01_011 (letöltés ideje: 2024.03.17.)
- 2) 15.Vízminőség-védelem, Vízminőségi Kárelhárítás
https://vpf.vizugy.hu/reg/ovf/doc/15.%20Vizminoseg-vedelem,%20vizminosegi%20karelharitas_A1.pdf (letöltés ideje:2024.09.09.)
- 3) Nemzeti Köznevelési Portál, Kémia 9-10, I. Milyen részecskékből állnak az anyagok?
3.ábra [26o_vizmolekulak_kozott_j.png \(2017×1663\) \(nkp.hu\)](#) (letöltés ideje: 2024.03.17.)
- 4) Nemzeti Jogszabálytár 5/2023 Kormány rendelet az ivóvíz minőségi követelményeiről és az ellenőrzés rendjéről [5/2023. \(I. 12.\) Korm. rendelet - Nemzeti Jogszabálytár \(njt.hu\)](#) (letöltés ideje: 2024.04.28.)
- 5) Északmagyarországi Regionális Vízművek Zrt., Az ivóvíz összetevői, jellemzői
<https://www ervzrt.hu/a-vizrol/az-ivoviz-osszetevoi-jellemzoi/> (letöltés ideje: 2024.04.13.)
- 6) Mavíz lakossági oldal, Honnan ered a csapvíz Magyarországon? (letöltés ideje:2024.06.13.)
https://www.maviz.org/fogyasztoi_informaciok/honnan_ered_a_csapviz_magyarorszagon
- 7) Környezetmérnöki Tudástár Sorozat szerkesztő: Dr. Domokos Endre XXVI. kötet Ivóvíztisztítás és víztisztaságvédelem Szerzők: Kovács Zsófia-Kárpáti Árpád, Az anyag a TÁMOP4.1.2.A/1-11/1-2011-0089 téma keretében készült a Pannon Egyetemen.
<https://tudastar.mk.uni-pannon.hu/anyagok/26-Ivoviztisztitas.pdf> (letöltés ideje:2024.05.22.)
- 8) Hadmérnök XIII. Évfolyam 1.szám-2018 március A vízminőség védelemmel kapcsolatos problémakör hazai helyzete - Csősz László http://www.hadmernok.hu/181_13_csosz.pdf (letöltés ideje:2024.09.11.)
- 9) Északmagyarországi Regionális vízművek Zrt., A vízből ivóvíz lesz
<https://www ervzrt.hu/a-vizrol/a-vizbol-ivoviz-lesz/> (letöltés ideje: 2024.05.02.)
- 10) Nemzeti Közszerződési Egyetem Víz tudományi Kar, Víz szerzés víztisztítás, szerkesztette: Vadkert Edit [https://nkerepo.uni-nke.hu/xmlui/bitstream/handle/123456789/16608/WEB-Vadkerti%20Edit%20\(szerk.\)%20-%20V%EDzserz%E9s,%20v%EDztiszt%ED%E1s.pdf;jsessionid=B44EEEB9D554C589C5C0E6DBB190EFFE?sequence=1](https://nkerepo.uni-nke.hu/xmlui/bitstream/handle/123456789/16608/WEB-Vadkerti%20Edit%20(szerk.)%20-%20V%EDzserz%E9s,%20v%EDztiszt%ED%E1s.pdf;jsessionid=B44EEEB9D554C589C5C0E6DBB190EFFE?sequence=1) (letöltés ideje: 2024.06.17.)
- 11) Bertók László - Bulkai Pál - Fejér László - Koltay József: Az ivóvíz honfoglalása. A közműves ivóvízellátás fejlődése Magyarországon a római kortól napjainkig. (MAVÍZ, Budapest, 2006)

- 12) Debreceni Egyetem Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar-
Környezeti elemek védelme III. Vízvédelem
https://dtk.tankonyvtar.hu/bitstream/handle/123456789/8144/talaj_es_viz_vedelem_39-40.pdf?sequence=31&isAllowed=y
- 13) Bertók László - Bulkai Pál - Fejér László - Koltay József: Az ivóvíz honfoglalása. A
közműves ivóvízellátás fejlődése Magyarországon a római kortól napjainkig. (MAVÍZ,
Budapest, 2006)
- 14) Semmelweis Egyetem, Az egyetem története <https://semmelweis.hu/az-egyetemrol/az-egyetem-tortenete/semmelweis-ignac/> (letöltés ideje: 2024.06.02.)
- 15) Nemzeti Közzolgálati Egyetem, Katasztrófavédelmi Intézet, Ipari tevékenységekből eredő
veszélyforrásuk és elhárításuk, egyetemi jegyzet, szerzők: Pátzay György-Dobor József
https://tudasportal.uni-nke.hu/xmlui/bitstream/handle/20.500.12944/10285/ebook_KVI_ipari_veszelyforrasok_elharitasa.pdf?sequence=1&isAllowed=y (letöltés ideje:2024.06.07.)
- 16) Műszaki katonai Közlöny XXVIII. évfolyam 2018 2.szám Kaluzsa Anikó, Kuti Rajmund,
Berek Tamás-Biztonsági szempontok a Vízellátásban [https://mkk.uni-nke-hu/2018_2_21_KA_KR_BT_Biztonsagi%20szempontok.pdf](https://mkk.uni-nke.hu/document/mkk-uni-nke-hu/2018_2_21_KA_KR_BT_Biztonsagi%20szempontok.pdf) (letöltés ideje:2024.06.18.)
- 17) Nemzeti Közzolgálati Egyetem, Katasztrófavédelmi Intézet, Ipari tevékenységekből eredő
veszélyforrásuk és elhárításuk, egyetemi jegyzet, szerzők: Pátzay György-Dobor József
https://tudasportal.uni-nke.hu/xmlui/bitstream/handle/20.500.12944/10285/ebook_KVI_ipari_veszelyforrasok_elharitasa.pdf?sequence=1&isAllowed=y (letöltés ideje:2024.06.07.) 57.ábra
- 18) Riport: riportalany: Bányai Sándor a Foktő-barákai vízmű dolgozója, 2024.03.29. Foktő-
barákai vízmű Kiskunvíz Vízügy Zrt., riport készítő: Moravec Zoltán
- 19) Sulinet.hu Tudásbázis, A víz fertőtlenítése
<https://tudasbazis.sulinet.hu/hu/szakkepzes/egeszsegneveles/utazas-egeszsegugy/viz-viz-tiszta-viz-fogyasztas/a-viz-fertotlenitese> (letöltés ideje:2024.07.23.)
- 20) World Health Organization, Publications, Alternative drinking-water disinfectants:
bromine, iodine and silver, <https://www.who.int/publications/i/item/9789241513692>
(letöltés ideje: 2024.07.26.)
- 21) Bromine as a drinking-water disinfectant https://cdn.who.int/media/docs/default-source/wash-documents/wash-chemicals/bromine-02032018.pdf?sfvrsn=8890aff_3
(letöltés ideje:2024.07.28.)

- 22) Euro-Clear.eu, A 4 leghatásosabb vízfertőtlenítési módszer <https://www.euro-clear.eu/a-4-leghatasosabb-vizfertotlenitesi-modszer/> (letöltés ideje:2024.07.10.)
- 23) ScienceDirect.com, Chapter Four - Ozonation in drinking water treatment: an overview of general and practical aspects, mechanisms, kinetics, and byproduct formation <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0166526X21000143> (letöltés ideje:2024.08.02.)
- 24) Egészségesivóvíz.hu, Fordított ozmózis víztisztító működése <https://www.egeszseges-ivoviz.hu/forditott-ozmosis/> (letöltés ideje:2024.08.04.)
- 25) ScienceDirect.com Reverse Osmosis <https://www.sciencedirect.com/topics/medicine-and-dentistry/reverse-osmosis> (letöltés ideje:2024.08.04.)
- 26) National Library of Medicine, Treatment of industrial wastewater with gamma irradiation for removal of organic load in terms of biological and chemical oxygen demand <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7895719/> (letöltés ideje: 2024.08.05.)
- 27) ScienceDirect.com Utilization of gamma and e-beam irradiation in the treatment of waste sludge from a drinking water treatment plant <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0969806X20302486> (letöltés ideje:2024.08.06.)
- 28) Hadmérnök XIII. Évfolyam 1.szám-2018 március A vízminőség védelemmel kapcsolatos problémakör hazai helyzete http://www.hadmernok.hu/181_13_csosz.pdf (letöltés ideje:2024.09.11.)
- 29) Észak-Dunántúl Vízügyi hatóság, eduviziig.hu, Árvízvédelem-vízkárelhárítás, Helyi Vízkárelhárítás <https://www.eduvizig.hu/eszak-dunantuli/arvizvedelem-vizkarelharitas/helyi-vizkarelharitas/helyi-vizkarelharitas> (letöltés ideje:2024.08.28.)
- 30) Belügyminisztérium Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság, katasztrofavedelem.hu, Katasztrófatípusok-Árvíz <https://katasztrofavedelem.hu/286/katasztrofatisok-arviz> (letöltés ideje:2024.08.28.)
- 31) Belügyminisztérium Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság, katasztrofavedelem.hu, Szakmai tájékoztatók, Polgári védelmi szakterület, Árvíz 2013. <https://www.katasztrofavedelem.hu/417/arviz-2013> (letöltés ideje:2024.08.28.)
- 32) orvosilexikon.hu, Árvíz utáni teendők <https://orvosilexikon.hu/cikkek/arviz-utani-teendok> (letöltés ideje:2024.08.28.)
- 33) 2011. évi CXXVIII. törvény a katasztrófavédelemről és a hozzá kapcsolódó egyes törvények módosításáról <https://njt.hu/jogszabaly/2011-128-00-00> (letöltés ideje:2024.08.28.)

- 34) 232/1996. (XII. 26.) Korm. rendelet a vizek kártételei elleni védekezés szabályairól <https://njt.hu/jogszabaly/1996-232-20-22> (letöltés ideje:2024.08.28.)
- 35) Vízugyűjtő Specifikus folyamatos monitoring rendszer módszertani rendszer kidolgozása és vízminőség osztályozó algoritmus adaptálása és tesztelése felszíni vizekre-Kovács Zsófia-Pannon Egyetem Vegyészmérnöki- és anyagtudományi Iskola 2018 https://real-phd.mtak.hu/710/1/Kovacs20Zsofia_dissertation_u.pdf (letöltés ideje:2024.09.12.)
- 36) HungaroMet Magyar Meteorológiai Szolgálat Nonprofit Zrt., met.hu, Tanulmányok, 2022. a történelmi aszály éve – az év agrometeorológiai áttekintése [https://met.hu/ismeret-tar/erdekessegek_tanulmanyok/index.php?id=3261&hir=2022. a tortenelmi aszaly eve%E2%80%93 az ev agrometeorologiai attekintese](https://met.hu/ismeret-tar/erdekessegek_tanulmanyok/index.php?id=3261&hir=2022._a_tortenelmi_aszaly_eve%E2%80%93_az_ev_agrometeorologiai_attekintese) (letöltés ideje: 2024.08.29.)
- 37) Belügyminisztérium Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság, katasztrófavedelem.hu, Katasztrófatípusok-Aszály <https://www.katasztrofavedelem.hu/292/katasztrofatipusok-az-aszaly> (letöltés ideje:2024.08.29.)
- 38) Katasztrófavédelem Központi Múzeuma és Vidéki Kiállító helyei, katasztrófavedelem.hu, 10 éve történt a vörösiszap-katasztrófa <https://muzeum.katasztrofavedelem.hu/35837/10-eve-tortent-a-vorosizsap-katasztrofa> (letöltés ideje:2024.08.14.)
- 39) greenpeace.org, Adalékok, megállapítások a "vörösiszap katasztrófa büntetőper" ügyében https://www.greenpeace.org/static/planet4-hungary-stateless/2018/10/f8054bd8-f8054bd8-greenpeace_megallapitasok.pdf (letöltés ideje:2042.08.15.)
- 40) greenpeace.hu, Mérgezett örökségünk, Az ajkai vörösiszap-tározók <https://sites.greenpeace.hu/mergezett-oroksegunk/ajka/> (letöltés ideje:2024.08.15.)
- 41) Energiaügyi Minisztérium Országos vízügyi Főigazgatóság Vízügyi Honlap, vizugy.hu, Vörösiszap katasztrófa <https://www.vizugy.hu/index.php?module=content&programelemid=100&id=255> (letöltés ideje:2024.08.15.)
- 42) Műszaki katonai Közlöny XXVI. évfolyam, 2016. 2. szám Lakossági, ipari vízfelhasználás, és a vízfelhasználást veszélyeztető káresemények, különös tekintettel az ipari eredetű vízszennyezésre <https://nkerepo.unike.hu/xmlui/bitstream/handle/123456789/14006/Lakoss%C3%A1gi,%20ipari%20v%C3%ADzfelhaszn%C3%A1l%C3%A1s%20%C3%A9s%20a%20v%C3%ADzfelhaszn%C3%A1l%C3%A1st%20vesz%C3%A9lyeztet%20%20k%C3%A1resem%C3%A9nyek,%20k%C3%BCl%C3%B6n%C3%B6s%20tekintettel%20az%20ipari%20eredet%20%20v%C3%ADzszennyez%C3%A9sekre.pdf?sequence=1> (letöltés ideje:2024.09.06.)

- 43) greendex.hu, A vízhiány okai Magyarországon <https://greendex.hu/a-vizhiany-okai-magyarorszagon/> (letöltés ideje:2024.09.02.)
- 44) Fenntartható fejlődési célok, A vízhez és szanitációhoz történő hozzáférés és a fenntartható vízgazdálkodás biztosítása mindenki számára, ksh.hu https://www.ksh.hu/sdg/cel_06.html (letöltés ideje:2024.09.02.)
- 45) Európai Számvevőszék, Vízhatalom a Duna vízgyűjtő területén: haladás tapasztalható a víz-keretirányelv végrehajtása terén, de sok még a teendő https://www.eca.europa.eu/lists/ecadocuments/sr15_23/sr_danube_progress_hu.pdf (letöltés ideje:2024.09.07.)
- 46) Carmen Gasparotti-A Duna vízgyűjtőjének főbb vízszennyezési tényezői https://www.researchgate.net/publication/269313635_The_main_factors_of_water_pollution_in_Danube_River_basin (letöltés ideje:2024.08.05.)
- 47) Észak-magyarországi Vízügyi Igazgatóság, emvizig.hu, Vízügyi tevékenység <https://www.emvizig.hu/eszak-magyarorszag/vizgazdalkodas-vizszolgaltatas/vizvisszatartas/vizvisszatartas> (letöltés ideje:2024.09.08.)
- 48) Hortobágyi Nemzeti Park Igazgatóság, hnp.hu, A Tisza-tó története <https://www.hnp.hu/hu/szervezeti-egység/turizmus/viziszetany/oldal/a-tisza-to-tortenete> (letöltés ideje:2024.09.08.)
- 49) A Duna-vízgyűjtő magyarországi része-Vízgyűjtő Gazdálkodási Terv– 2015 https://www.vizugy.hu/vizstrategia/documents/375DB968-DE9D-447E-AE23-F416F7CC4F5A/OVGT2_VITAANYAG_I.pdf (letöltés ideje:2024.08.20.)
- 50) Fővárosi Csatornázási Művek Zrt. fcsm.hu, Szennyvíztisztítás <https://www.fcsm.hu/szolgaltatasok/szennyviztisztitas/szennyviztisztitas> (letöltés ideje:2024.09.08.)
- 51) III. Soós Ernő Nemzetközi Tudományos Konferencia Víz- és szennyvízkezelés az iparban 2016 címmel, 2016. november 23-án megrendezett konferencia-előadásainak és kiállított poszttereinek tanulmánykötete ISBN 978-963-12-6370-1 https://sooswrc.hu/tartalom/tanulmanykotetek/VSZI16_Tanulmanykotet.pdf (letöltés ideje:2024.08.24.)
- 52) Agrárgazdasági Kutató Intézet, Az öntözhetőség természeti-gazdasági korlátainak hatása az öntözhető területekre https://moe.hu/wp-content/uploads/%C3%96ntlehat_vitaanyag_TAN_20170529.pdf (letöltés ideje:09.09.)
- 53) greendex.hu Szürkevíz <https://greendex.hu/szurkeviz/> (letöltés ideje:2024.09.10.)

- 54) National Library of Medicine, Greywater Characteristics, Treatment Systems, Reuse Strategies and User Perception—a Review
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6133124/> (letöltés ideje:2024.09.10.)
- 55) Századvég Gazdaságkutató Zrt. A hazai vízközmű szolgáltatás aktuális helyzete
[https://www.maviz.org/system/files/szazadveg_tanulmany - a hazai vizikozmu-szolgalatasi_aktualis_helyzete_2018_08_06.pdf](https://www.maviz.org/system/files/szazadveg_tanulmany_-_a_hazai_vizikozmu-szolgalatasi_aktualis_helyzete_2018_08_06.pdf) (letöltés idej:2024.09.09.)
- 56) watersaving.com, Water saver-How an aerator can save money and resources
<https://www.watersaving.com/en/water-saving-tips/water-saver-aerator-conserve-water-and-money/> (letöltés ideje:2024.09.11.)