

DOKTORI (PhD) ÉRTEKEZÉS SZERZŐI ISMERTETŐJE

NEMZETI KÖZSZOLGÁLATI EGYETEM
HADTUDOMÁNYI ÉS HONVÉDTISZTKÉPZŐ KAR
KATONAI MŰSZAKI DOKTORI ISKOLA

Goda Zoltán

**Szerves mikroszennyezők kockázatbecslése a parti szűrésen alapuló
ivóvízellátásban**

Témavezető:

Prof. dr. Földi László

Budapest, 2023

A TUDOMÁNYOS PROBLÉMA MEGFOGALMAZÁSA

Az ivóvíz minőségi követelményeinek jogi háttérét az ivóvíz minőségi követelményeiről és az ellenőrzés rendjéről szóló 201/2001. (X.25.) Kormányrendelet alapozza meg. Ez a rendelet az emberi fogyasztásra szánt víz minőségéről szóló 98/83/EK tanácsi irányelv alapján és annak mindenben megfelelően jött létre. E direktívát később az EU 2020/2184. számú irányelve váltotta fel. Ezek részletesen szabályozzák az ivóvíz minőségével kapcsolatos elvárásokat és követelményeket. Az egyes szennyezőanyagokra megállapított határértékek az egészséges és biztonságos ivóvíz előállításának alapjai.

Problémát jelent azonban, hogy a szerves mikroszennyezők jelentős része – részben a rendelkezésünkre álló meglehetősen kevés információ miatt – nem képezi részét az ivóvíz minőségét szabályzó rendeleteknek és a rutin vízminőség vizsgálatoknak. Ez alól persze vannak kivételek, egyes szerves mikroszennyezőket a vonatkozó rendelet alapján az ivóvízben vizsgálni szükséges.

A tudományos közösség csak a legutóbbi évtizedekben fordult e szennyezőanyagok mélyreható kutatása felé, az eredmények publikálása pedig napjainkban is folyamatos. Az egyik legfőbb problémát az jelenti, hogy bár az egyre növekvő adatbázisoknak köszönhetően folyamatosan bővülnek az ismereteink a szerves mikroszennyezők környezeti jelenlétéről, az egészségügyi hatásaikról továbbra sincsenek megfelelően pontos információink. Sok esetben évek, illetve évtizedek szükségesek ahhoz, hogy egy vegyületről kiderüljenek az egészségügyi és ökotoxikológiai hatásai. A jogalkotás egyébként is meglehetősen lassú rendszere részben ezen információhiány miatt csak lassan, apránként képes beemelni a szerves mikroszennyezők kérdéskörét az alkalmazott rendelkezésekbe és szabályzásokba.

Ahhoz, hogy e célhoz közelebb kerüljünk fontos, hogy a szerves mikroszennyezők ivóvízbázisainkban és ivóvizeinkben való jelenlétéről és mennyiségéről átfogó és pontos képet kapjunk. Ugyan korlátozott mennyiségben, de ma már rendelkezésünkre állnak hazai vízminőségi adatsorok, amelyek kifejezetten a szerves mikroszennyezők felszíni és felszín alatti vizeinkben és ivóvizünkben való előfordulásáról nyújtanak információt. Ezen adatok valódi értéke azonban csak akkor mutatkozik meg, ha számszerűsítjük azt a kockázatot, amelyet a fogyasztókra jelentenek. Olyan ivóvízre vonatkozó kockázatbecslés, amely több, egymástól független kutatás eredményeit használja fel, ezidáig hazánkban nem készült.

KUTATÁSI HIPOTÉZISEK

A témához kapcsolódó szakirodalom tanulmányozását követően a kutatási célkitűzéseim meghatározása mellett az alábbi hipotéziseket állítottam fel:

1. Igazolható, hogy a H/D és a $^{16}\text{O}/^{18}\text{O}$ stabil izotóparány vizsgálatának módszerével a szűrt víz aránya meghatározható a bajai parti szűrésű vízbázis kútjaiban, így ez az eljárás jól alkalmazható a modellezésen alapuló meghatározás kiváltására.
2. Feltételezésem szerint a budapesti parti szűrésű vízbázisokban előforduló szerves mikroszennyezők koncentrációja jelenleg nem ér el olyan kritikus értéket, amely kockázatot jelentene az ivóvizet fogyasztó lakosságra, azaz szerves mikroszennyezők szempontjából a budapesti ivóvíz biztonsággal fogyasztható.
3. Feltételezhető, hogy a hazai lakosság azon csoportja, amely jelen van a közösségi médiafelületeken és az ivóvíz minőségével kapcsolatos információit legalább részben online médiumokból szerzi, a szerves mikroszennyezők ivóvízellátásra és humán egészségügyre gyakorolt kockázatának mértékét jelentősnek ítéli meg és tart az ivóvízből szervezetbe jutó szerves mikroszennyezők egészségkárosító hatásától.

KUTATÁSI CÉLKITŰZÉSEK

Kutatómunkám alapvetően parti szűrésű ivóvízbázisok működésének és folyamatainak pontosabb megértéséhez kapcsolódik. Vizsgálataimat főleg Baja város vízbázisán folytattam, amely negyven éve folyamatosan üzemel. A vízbázis bár meglehetősen régóta működik, ezidáig nem volt tudományos kutatómunka helyszíne, így egyes vizsgálatokat elsőként végezhettem el rajta. Kutatásom során felhasználtam budapesti vízbázisok szakirodalomban publikált adatsorait is.

Munkám kezdeti lépéseként meghatároztam kutatási célkitűzéseimet, amelyek alapján kutatásomat felépítettem:

1. A bajai vízbázis parti szűrt víz arányának meghatározása a H/D és $^{16}\text{O}/^{18}\text{O}$ stabil izotópok arányának vizsgálatával. Ilyen vizsgálat ezen a vízbázison ezidáig nem zajlott, csupán hidrogeológiai vizsgálatokon alapuló modellszámítás képezte a minősítés alapját.
2. A parti szűrés folyamatainak modellezése laboratóriumi körülmények között egy félüzemi modell-berendezésen. A cél a szerves mikroszennyezők koncentráció-változásának vizsgálata volt.

3. Egyes szerves mikroszennyezők jelenlétének és koncentrációjának vizsgálata a bajai vízbázis parti szűrésű kútjaiban és a Dunában. A célom a vizsgált vegyületek koncentráció-változásának megfigyelése volt a parti szűrés folyamatában.
4. Szerves mikroszennyezők ivóvízfogyasztásra gyakorolt humán egészségügyi kockázatbecslésének elkészítése parti szűrésű vízbázisok vízminőségi adatsorai alapján. Amennyiben a 2. és 3. pontban megfogalmazott célok nem eredményeznek használható adatsorokat, úgy már publikált adatsorok felhasználásával folytatom a munkát.
5. A hazai lakosság szerves mikroszennyezőkkel kapcsolatos ismereteinek és véleményének felmérése és értékelése. Egy kérdőíves kutatás eredményeit vetem össze a saját kockázatelemzésem megállapításaival.

Kutatómunkámat elsősorban olyan vizsgálatokra építettem fel, amelyek a vizsgálatba bevont vízbázison ezidáig nem történtek meg.

KUTATÁSI MÓDSZEREK

Kutatásomat az előzetesen meghatározott célkitűzések alapján végeztem el annak érdekében, hogy a szakirodalmi feltárást és elemzést követően felállított hipotéziseket igazolni vagy cáfolni tudjam.

- Kutatómunkámban többféle kutatási módszert alkalmaztam, ezek induktív és deduktív kutatási módszerek voltak, de nagy hangsúlyt fektettem az egymástól független információk szintézisére.
- Nagy részletességgel tanulmányoztam és elemeztem a releváns hazai és nemzetközi szakirodalmat, megvizsgáltam a hatályban lévő jogszabályokat, szabványokat. Ehhez elsősorban online elérhető adatbázisokat és folyóiratokat használtam.
- Vizsgálatokat végeztem a kutatásba bevont vízbázis kútjaiban egyrészt a parti szűrt víz arányának meghatározására, másrészt pedig a szerves mikroszennyezők koncentrációjának megállapítására.
- Összeállítottam és üzemeltettem egy, a parti szűrés folyamatait modellező laboratóriumi félüzemi berendezést.
- Számításokat végeztem és kockázatbecslést készítettem a szerves mikroszennyezők ivóvízellátásra gyakorolt kockázatának felmérésére, majd az eredmények alapján prioritizáltam a vizsgált vegyületeket.
- Kérdőíves kutatást végeztem a hazai lakosság szerves mikroszennyezőkkel kapcsolatos ismereteinek és véleményének felmérése.

AZ ELVÉGZETT VIZSGÁLATOK LEÍRÁSA

1. Parti szűrt víz arány meghatározása a bajai ivóvízbázis kútjaiban stabil izotópos módszerrel

A parti szűrt víz aránya a termelőkutakban pontosan meghatározható a $^2\text{H}/^1\text{H}$ és $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ stabil izotópok arányának vizsgálatával. Kutatásom egyik helyszíne Baja város parti szűrésű vízbázisa volt, ezért a parti szűrt víz arány meghatározását is itt végeztem el. A vizsgálathoz mintát vettem két eltérő kapacitású termelőkútból, a Dunából, mint felszíni víztestből és egy parttól távolabb létesített talajvízkútból. A vízmintákban tömegspektrometriás módszerrel került meghatározásra a stabil izotópok aránya, amely eredmények $\delta^{18}\text{O}$ és $\delta^2\text{H}$ értékeként, %-ben kerültek meghatározásra a víz hidrogén és oxigén izotóparányainak nemzetközileg elfogadott sztenderdjéhez viszonyítva. Eredményeimből megállapítható volt, hogy vizsgált kutakban 64% és 81% a felszíni eredetű szűrt víz aránya, így a Duna közepes vízállása mellett mindkettő parti szűrésű kútnak minősül.

2. Parti szűrés modellezése és összekapcsolása fordított ozmózissal laboratóriumi körülmények között

Kutatásom során fontosnak tartottam, hogy egy üzemelő parti szűrésű vízbázis vizsgálata mellett összeállítsak és vizsgáljak egy félüzemi modell-berendezést, amelynek működése leginkább hasonlatos a parti szűrés folyamataihoz. A kísérlet egy felszíni vízzel megtáplált lassú homokszűrő és egy fordított ozmózis elvén működő szűrőberendezés hosszú távú üzemeltetése volt. A célunk a lassú homokszűrő hatékonyságának vizsgálata volt mikrobiológiai szervezetek és egyes szerves mikroszennyezők koncentrációjának csökkentésében. Az általunk összeállított rendszer több mint egy éven keresztül üzemelt, amely során vizsgáltuk a vízhozam-, és nyomásértékek változását a rendszer különböző pontjain, a mikrobiológiai paraméterek változását, illetve egyes szerves mikroszennyezők előfordulását és koncentrációjuk változását a szűrés folyamán. A szerves mikroszennyezők vizsgálatára összesen két alkalommal került sor a vizsgálati időszak alatt, a vizsgálatot külső laboratórium végezte. Az általunk vizsgálni kívánt szerves mikroszennyezők jelenlétét a laboratórium a rendelkezésre álló analitikai műszerek mérési tartományán belül nem tudta kimutatni.

3. Szerves mikroszennyezők előfordulásának vizsgálata a bajai parti szűrésű vízbázison

A stabil izotópvizsgálathoz hasonlóan a szerves mikroszennyezők vizsgálata is a bajai vízbázis termelőkútjaiban történt. A vizsgálat lefolytatásához összesen 5 mintavételi pontot jelöltem ki. Kutatásom során a szerves mikroszennyezők pontos kimutatására és mérésére alkalmazható

nagyműszeres analitikai eszközök nem álltak rendelkezésemre, ezért az általam vett minták elemzésére egy akkreditált analitikai laboratórium segítségét vettem igénybe. A minták előkészítésében és elemzésében magam is aktívan részt vettem. A vízminták vizsgálata GC-MS és HPLC-MS műszerek segítségével történt. Az általam megjelölt szerves mikroszennyezők jelenlétét a rendelkezésre álló analitikai műszerek mérési tartományán belül nem tudtuk kimutatni.

4. Szerves mikroszennyezők kockázatbecslése Budapest ivóvízellátásban

A kockázatbecslést a kockázati tényező (RQ) meghatározásával, illetve a módszer tovább fejlesztésével végeztem el. A vizsgálathoz publikált adatsorokat használtam, a budapesti ivóvízbázisok parti szűrésű termelőkútjaiban vizsgált szerves mikroszennyezőkre vonatkozó adatsorokat összegeztem. Az adatokból a legrosszabb forgatókönyv elvét követve kiválasztottam a legnagyobb mért koncentrációkat és ezekkel számoltam. Az eredményeket értelmezve megállapítottam, hogy a kockázati tényező minden esetben több nagyságrenddel alatta maradt a kockázatos értéknek. Az öt legnagyobb kockázatú szerves mikroszennyező a cefepim, a karbamazepin, a diklofenák, és a riszperidon gyógyszerek, valamint a metazaklór-ESA növényvédőszer voltak. Hogy az eredmények egyszerűbben összehasonlíthatók legyenek, létrehoztam egy csoportosítási rendszert, amelynek segítségével az $RQ < 1$ kockázati tényezők esetén a különböző szerves mikroszennyezők „alacsony”, „nagyon alacsony” és „elhanyagolható” csoportba sorolhatók.

5. Kérdőíves kutatás a hazai lakosság szerves mikroszennyezőkkel kapcsolatos ismereteinek és véleményének felmérésére

A kérdőíves kutatásom célja a hazai lakosság ivóvízzel és szerves mikroszennyezőkkel kapcsolatos ismereteinek és véleményének felmérése volt. A kérdőív online formában készült el és közösségi médiafelületeken keresztül terjesztettem. A mintavételezés véletlenszerű volt, azaz a kérdőívet bárki kitölthette. A felmérés 7 napon át zajlott, ezalatt összesen 320 érvényes kitöltés érkezett. A válaszokból az tükröződik, hogy a kitöltők a hazai ivóvíz minőségéről meglehetősen negatív véleményt alkotnak. Az eredményekből az is teljesen nyilvánvaló, hogy a szerves mikroszennyezők ivóvízben való előfordulása, illetve humán egészségre gyakorolt hatása is aggodalmat kelt a kitöltők között. A kérdőíves kutatás további eredménye, hogy a válaszadók többsége a szerves mikroszennyezők okozta vízminőségi problémák jövőbeni rosszabbodásától tart.

AZ ELVÉGZETT KUTATÁS ÖSSZEFOGLALÁSA

Kutatásom alapvető célja az volt, hogy a szerves mikroszennyezők koncentrációjának változása és a parti szűrés során zajló folyamatok közötti összefüggéseket vizsgáljam. Ehhez az általam vizsgált bajai parti szűrésű vízbázis esetében a legelső lépés a kutak által termelt víz eredetének meghatározása volt. Szakirodalmi adatok alapján erre a legalkalmasabbnak a környezeti stabil izotópok arányának vizsgálata bizonyult. Ilyen vizsgálat korábban ezen a vízbázison nem valósulhatott meg. Az eredmények ismeretében a munkát egyes szerves mikroszennyezők jelenlétének és koncentrációjának meghatározásával folytattam. A vizsgálat egyrészt laboratóriumi körülmények között összeállított kísérleti berendezésen másrészt pedig a már említett üzemelő vízbázison folyt. A parti szűrés folyamatait modellező félüzemi lassú homokszűrő és a hozzákapcsolt RO-modul több mint egy éven keresztül üzemelt. Ezen időszak alatt számos paramétert, köztük egyes szerves mikroszennyezők koncentrációjának változását vizsgáltam. Hasonlóképpen a már említett üzemelő vízbázis termelőkútjaiból gyűjtött vízmintákban is szerves mikroszennyezők jelenlétét kutattam. Mivel a rendelkezésemre álló analitikai vizsgálati módszerek és lehetőségek egyik esetben sem tudták a vizsgálandó vegyületek jelenlétét kimutatni, így munkám következő szakaszát, azaz a kockázatbecslést szakirodalmi adatokra támaszkodva végeztem el. Korábban publikált adatsorokat összesítve egy olyan kockázatbecslést készítettem, amely a szerves mikroszennyezők okozta kockázatot számszerűsíti a budapesti ivóvízfogyasztó lakosságra nézve. Tekintve, hogy az eredmények azt mutatták, hogy a vizsgált szerves mikroszennyezők okozta kockázat jóval alatta marad a kritikus $RQ=1$ értéknek, kategóriákat hoztam létre, amelyekkel az alacsony kockázati tényezők megkülönböztethetők, összevethetők. Az így kapott eredmények alapján rangsoroltam az 5 legnagyobb kockázatot jelentő szerves mikroszennyezőt.

Kutatásom utolsó szakaszában kérdőíves kutatást végeztem a közösségi médiafelületeket használó és online médiafogyasztó hazai lakosság körében. Végül a kockázatbecslés eredményeit összevettem a kérdőíves kutatásom tapasztalataival, amelyet a hazai lakosság szerves mikroszennyezőkkel kapcsolatos ismereteinek és véleményének felmérésére végeztem. Kutatásom céljait elértem, a munkám kezdetén felállított mindhárom hipotézist igazolni tudtam.

ÖSSZEGZETT KÖVETKEZTETÉSEK

A 20. századi ember egyik legfontosabb megállapítása, hogy a Föld vízkészletei végesek és antropogén hatás következtében azok minősége jelentősen csökkenhet és tartósan rossz állapotba kerülhet. Éppen ezért kiemelt feladat a fogyasztás mérséklése és a vízzel való

takarékoskodás, továbbá igen nagy hangsúlyt kell kapjon a meglévő vízbázisok mennyiségi és minőségi védelme.

A szerves mikroszennyezők csoportjainak alapos kutatásával megállapítható, hogy a fogyasztói társadalom igényeit követve az ipar évről-évre nagyobb mennyiségben állítja elő a vegyületeket. Az elmúlt évek kutatásai rámutattak, hogy az antropogén eredetű szerves mikroszennyezők a Föld számos pontján megtalálhatók, bár mérhető koncentrációjuk igen eltérő lehet. Problémát jelent, hogy részben sokféleségük, részben pedig a jogalkotás rendszerének lassúsága miatt a szennyező anyagok jelentős része még mindig nem esik szabályozás alá. Néhány kivételtől eltekintve a legtöbb szerves mikroszennyező nem képezi részét a rutin monitoring programoknak, nincsenek rájuk sem környezetminőségi, sem pedig ivóvízbiztonsági határértékek. Következésképpen megállapítható, hogy a szennyezőanyagok jelentős része megfelelő ellenőrzés nélkül kerül ki a környezetbe. Átfogó monitoring programok nélkül nem lehet elegendő információ a szerves mikroszennyezők környezeti sorsára vonatkozóan.

Kutatásom során fontosnak tartottam, hogy pontos ismereteim legyenek az általam vizsgált parti szűrésű vízbázis vizének eredetéről. Ezért a kutatásomba bevont bajai vízbázis két kútja esetében meghatároztam a ^2H és a ^1H , valamint a ^{18}O és ^{16}O stabil izotópok mennyiségét, a kapott adatok segítségével pedig kiszámoltam a parti szűrt víz arányát. Eredményeimből megállapítható volt, hogy vizsgált 9.sz. és 9/A kutakban 64% és 81% a felszíni eredetű szűrt víz aránya, így mindkettő parti szűrésű kútnak minősíthető. A környezeti stabil izotópok vizsgálatának módszere használható információt nyújtott a parti szűrésű kutak vízarányáról, ezáltal a modellezésen alapuló számítások megállapításait pontosítani tudtam.

Ezt követően vizsgáltam szerves mikroszennyezők jelenlétét egy laboratóriumi modellberendezés nyers és szűrt vizében, valamint az üzemelő vízbázis kútjaiban. Az általam vett vízmintákban a vizsgált tartományban szerves mikroszennyezőket nem tudtam kimutatni. Ebből arra következtettem, hogy a keresett vegyületek a rendelkezésemre álló analitikai módszer kimutatási határértéknél (0,05-0,5 ng/ml) kisebb koncentrációban fordulhatnak elő.

Következtetésemet alá tudtam támasztani a Dunáról, illetve a folyó budapesti szakaszáról származó publikált vízkémiai adatsorokkal. Az általam is vizsgált szerves mikroszennyezők egy része ugyanis előfordult a főváros egyes parti szűrésű kútjaiban, jellemzően alacsonyabb, 0,005-0,29 $\mu\text{g/l}$ tartományban. A Budapest alatti folyószakaszon a vegyületek koncentrációjának csökkenését feltételeztem, hiszen az emissziók száma és a kibocsátott szennyvíz mennyisége is kevesebb, mint a fővárosi Duna-szakaszon. A természetes vizekben pedig jellemző a szerves mikroszennyezők degradációja.

Az értekezésemben részletesen bemutattam a szerves mikroszennyezők kockázatbecslésének azt a módszerét, amely az ivóvízellátásban, illetve a fogyasztók egészségére gyakorolt hatás számításában alkalmaztam. A képlet olyan tényezőket vesz figyelembe, mint a testtömeg, a tolerálható napi bevitel, az átlagos napi csapvíz-fogyasztás, a gasztrointesztinális felszívódás, illetve az expozíció gyakorisága. A kockázati tényező számításánál, a legrosszabb forgatókönyv (worst case scenario) elvét vettem figyelembe, azaz az egyes szerves mikroszennyezőkre vonatkozó a maximális koncentráció-értékekkel számoltam. Az eredményeket értelmezve arra a következtetésre jutottam, hogy a kockázati tényező (RQ) minden esetben több nagyságrenddel alatta maradt a kritikus 1-es értéknek. A kockázati tényező a cefepim, a metazaklór-ESA, a karbamazepin, a diklofenák, valamint a riszperidon esetében volt a legnagyobb. Hogy az eredmények egyszerűbben összehasonlíthatók legyenek, létrehoztam egy csoportosítási rendszert, amelynek segítségével az $RQ < 1$ kockázati tényezők esetén a különböző szerves mikroszennyezők „*alacsony*”, „*nagyon alacsony*” és „*elhanyagolható*” csoportba sorolhatók. Eredményeimet összevettem a parti szűrés hatékonyságára vonatkozó adatokkal. Ezek alapján viszont kijelenthető, hogy a karbamazepin nevű antidepresszáns kockázata kiemelkedő, ennek koncentrációja a parti szűrés során alig (4,2-6,4 %) csökken.

Fenti eredményeim ellenére feltételeztem, hogy a hazai lakosság a szerves mikroszennyezők humán egészségre gyakorolt kockázatának tekintetében borúlátó, azaz a lakosság sokkal nagyobb mértékben tart a szerves mikroszennyezőktől, mintsem az kockázatbecsléssel alátámasztható lenne. A feltételezésem igazolásához egy kérdőíves kutatást végeztem a hazai lakosság szerves mikroszennyezőkkel kapcsolatos véleményének és ismereteinek felmérésére. A kutatás a közösségi médiát használó, információit jórészt online médiumokból szerző lakosság csoportját vizsgálta. A válaszokból arra a következtetésre jutottam, hogy a szerves mikroszennyezők ivóvízben való előfordulása, illetve humán egészségre gyakorolt hatása a kérdőívet kitöltők körében aggodalmat kelt és sokan tartanak az ivóvízből szervezetbe jutó szerves mikroszennyezők egészségkárosító hatásától.

ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK, TÉZISEK

1. A bajai parti szűrésű ivóvízbázison elsőként végeztem el a $^1\text{H}/^2\text{H}$ és $^{16}\text{O}/^{18}\text{O}$ stabil izotópok arányának műszeres mérését, amelyre alapozva meghatároztam a kutak parti szűrt víz arányát. Ezzel igazoltam, hogy a módszer alkalmazható az általam vizsgált vízbázis esetében is a modellezésen alapuló, eddigi meghatározás kiváltására, pontosítására. A parti szűrésű vízbázis hosszú távú üzeme során esetlegesen kialakuló mederfal-eltömődés jelensége a termelt víz stabil izotóparányának rendszeres vizsgálatával megállapítható, előrejelezhető.
2. Eredményeimmel alátámasztottam, hogy a Duna bajai szakaszán az általam vizsgált szerves mikroszennyezők jellemzően alacsony koncentrációban fordulnak elő, a rendelkezésemre álló laboranalitikai eszközök kimutatási határa alatt. A kockázatbecslést publikált adatok, adatsorok összesítésével és feldolgozásával végeztem el a Budapest vízellátását biztosító parti szűrésű ivóvízbázisokra vonatkozóan. Az egyes szerves mikroszennyezőkre számított kockázati tényezők jellemzően több nagyságrenddel kisebbek voltak a szakirodalmi adatok alapján számolt kritikus értékeknél. A módszer fejlesztésével osztályozási rendszert dolgoztam ki, amelynek segítségével az $RQ < 1$ kockázati tényezők csoportosíthatók és az egyes szerves mikroszennyezők „alacsony”, „nagyon alacsony” és „elhanyagolható” kategóriába sorolhatók.
3. A közösségi médiát használó hazai lakosságon belül, véletlenszerű mintavétellel végzett kérdőíves kutatásom eredményeinek elemzésével megállapítottam, hogy a hazai lakosság általam vizsgált csoportja a szerves mikroszennyezők ivóvízellátásra és humán egészségügyre gyakorolt kockázatának mértékét jelentősnek ítéli meg és tart az ivóvízből a szervezetbe jutó szerves mikroszennyezők egészségkárosító hatásától. Azt is igazolni tudtam, hogy a kérdőívet kitöltők e szennyezőanyagok jelentette kockázat mértékének növekedésére számítanak, azaz a lakosság a jelenlegi állapot további rosszabbodásától tart.

A KUTATÁSI EREDMÉNYEK GYAKORLATI FELHASZNÁLHATÓSÁGA

A kutatásomban bemutatott stabilizotóp-geokémiai vizsgálat nem képezi részét a parti szűrésű vízbázisok üzemeltetése során végzett rutinfeladatoknak. A szűrtvíz-arány ismerete a parti szűrésű kutak esetében nagy jelentőséggel bír, így ezt a vizsgálatot érdemes lenne átemelni a gyakorlati feladatok közé és a vízbázishoz tartozó felszíni víztest változó hidrológiai állapota mellett többször elvégezni. A hazai parti szűrésű vízbázisokkal kapcsolatos ismereteink ezáltal értékes adatokkal bővíthetők.

A disszertációmban arra kerestem a választ, hogy a szerves mikroszennyező anyagok mekkora kockázatot jelentenek az ivóvízfogyasztókra. Ilyen átfogó kockázatbecslés és elemzés ez idáig nem készült és nem is készülhetett, mert részletes és hiteles adatsorok a szerves mikroszennyezők tekintetében csak az elmúlt években születtek. Összegyűjtöttem és összesítettem ezeket az eredményeket és az így készített adatsor alapján végeztem el a kockázati tényezők meghatározását. Így sikerült valós képet adnom a szerves mikroszennyezők jelentette probléma jelenlegi mértékéről. Következtetéseimben megállapítottam, hogy a szerves mikroszennyezők bár nagyobb koncentrációban kockázatot jelenthetnek az emberi egészségre, de jelenleg mérhető koncentrációjukban ez a hatás nagyon alacsony, több nagyságrenddel alatta marad a kritikus értéknek. Kockázatbecslésem eredményei egyrészt felhasználhatók amennyiben egy átfogóbb, esetleg az egész országra kiterjedő kutatás vizsgálja a szennyezőanyagok jelenlétét és kockázatát. Másrészt pedig megállapításaim jövőbeni hasonló vizsgálatokat segíthet, mint referencia.

Felhívtam a figyelmet arra a tényre, hogy a hazai lakosság ismeretei az ivóvízellátásról és a szerves mikroszennyezők okozta kockázat mértékéről nem kielégítőek. Szükség lenne tájékoztatásra, edukációra akár nyomtatott, akár pedig online multimédia formájában, hogy a lakosság ismereteit ebben a témában a valósághoz közelebb hozzuk. Szükség lenne arra, hogy a témában megjelenő, sokszor pontatlan cikkek a szakma gyorsan és érthetően reagáljon.

AJÁNLÁSOK

Az értekezésemben megfogalmazott eredményeket elsősorban olyan szakmai szervezetek figyelmébe ajánlom, mint a Magyar Víziközmű Szövetség (MaVíz), vagy a Vízügyi Igazgatóságok. A dolgozatomban elvégzett kutatások és vizsgálatok eredményei segítséget nyújthatnak egyetemnek, kutatóintézetek és kutatócsoportok vizsgálataikhoz, későbbi munkáikhoz. Az általam bemutatott kockázatbecslő módszer egyszerűen és jól alkalmazható, ezért az egy jelentősebb, átfogóbb kutatómunka során is felhasználható. Javaslom a disszertációmban bemutatott kockázatbecslő eljárás alkalmazását mindazon kutatóknak, laboratóriumi

dolgozóknak, akik a szerves mikroszennyezők vizsgálatával foglalkoznak. A megfogalmazott észrevételeim alapul szolgálhatnak a jelenleg érvényben lévő jogszabályok, rendeletek és szabványok felülvizsgálata és átdolgozása során. Ajánlom disszertációm a víztudomány területén tevékenykedő felsőoktatási intézmények oktatói és hallgató számára, mint kiegészítő tananyagot. Értekezésem hasznos segédlet lehet a környezetvédelem és az ivóvízbiztonság területén dolgozó szakembereknek, akik hozzám hasonlóan kiemelt feladatnak tartják a vízkészleteink és ivóvízbázisaink állapotának megőrzését az utókor számára.

A DOKTORJELÖLT TÉMAKÖRBE KÉSZÜLT PUBLIKÁCIÓS JEGYZÉKE

Lektorált folyóiratban megjelent cikkek:

Salamon Endre, Goda Zoltán, Berek Tamás: *Analysis of reverse osmosis filter permeability*. Pollack Periodica An International Journal for Engineering and Information Sciences, 2018. Vol. 13, No. 3, pp. 221–230 ISSN 1788-3911

Salamon Endre; Goda Zoltán: *Coupling Riverbank Filtration with Reverse Osmosis May Favor Short Distances between Wells and Riverbanks at RBF Sites on the River Danube in Hungary*. Water, 2019, 11: 1 pp. 113-124.

Goda Zoltán: *Hazai üzemelő és távlati parti szűrésű ivóvízbázisok mennyiségi és minőségi értékelése*. Hadmérnök, 2019, 14:2 pp. 157-166.

Goda Zoltán: *Szerves mikroszennyezők kockázatelemzése a parti szűrésen alapuló ivóvízellátásban*. Hadmérnök, 2021 16(1), 79–94.

Goda Zoltán: *Az éghajlatváltozás hatásai az oldott oxigén koncentrációjára parti szűrésű vízbázisokban*. Hidrológiai Közlöny, 2021. 101(4): p. 18-25.

Könyvek, könyvfejezetek:

Goda Zoltán: *Szerves mikroszennyezők kockázatelemzése a vízi környezetben és az ivóvízellátásban*. In: Hausner Gábor (szerk.): Szemelvények a katonai műszaki tudományok eredményeiből II., Ludovika Egyetemi Kiadó, 2020. Budapest. pp. 118-134., ISBN 978-963-531-441-6

Goda Zoltán: *Szerves mikroszennyezők előfordulása ivóvízbázisokban*. In: Knisz, Judit (szerk.): Szerves mikroszennyezők a vizekben. Budapest, Ludovika Egyetemi Kiadó (2020) pp. 107-132., ISBN: 9789635313624

Goda Zoltán: *Szerves mikroszennyezők kockázatbecslése*. In: Knisz, Judit (szerk.): Szerves mikroszennyezők a vizekben. Budapest, Ludovika Egyetemi Kiadó (2020) pp. 133-155., ISBN: 9789635313624

Goda Zoltán: *A vízszerezés módjai és műtárgyai*. In: Vadkerti Edit (szerk.): Vízszerezés, víztisztítás. Budapest, Ludovika Egyetemi Kiadó (2021) pp. 11-42., ISBN: 9789635314492

A DOKTORJELÖLT SZAKMAI-TUDOMÁNYOS ÉLETRAJZA

Név: Goda Zoltán

Születési hely, idő: Baja, 1979. november 12.

Tanulmányok:

2002-ben a bajai Eötvös József Főiskola Műszaki Fakultásán, környezetmérnök szakon, majd 2007-ben a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi egyetem Vegyészmérnöki Karán környezetmérnök mesterszakon oklevelet szerzett.

Szakmai pályafutás:

2003-tól a Baja és Térsége Víz- és Csatornamű Kft-nél dolgozott, mint víziközmű-hálózat nyilvántartó, de feladatai közé tartozott a cég környezetvédelmi és hulladékgazdálkodási feladatainak és kötelezettségeinek ellátása is. 2007 tavaszától 2016-ig Baja város vízművének üzemvezetőjeként folytatta munkáját. A vízmű üzemének napi szintű irányítása mellett feladata volt a parti szűrésű vízbázis működésének nyomon követése és a vízbázisvédelmi feladatok koordinálása is. A vízmű teljes rekonstrukciójával járó ivóvízminőség-javító projekt során 2015-ben és 2016-ban az új víztisztító technológia próbaüzemi feladatait irányította. Feladatai színvonalas ellátásának érdekében, robbanásveszélyes anyagok felhasználására tűzvédelmi szakvizsgát tett.

2016-tól az Eötvös József Főiskolán dolgozott, mint műszaki koordinátor, majd az intézmény átalakulása után a Nemzeti Közszolgálati Egyetem Víz tudományi Kara is számított a munkájára. Feladatai közé elsősorban több nemzetközi kutatási projekt intézményi szintű szakmai koordinálása tartozott, de részt vett az Egyetem által elnyert hazai pályázatok és programok teljesítésében is. E feladataihoz kapcsolódóan több külföldi tanulmányúton is bővítette ismereteit. Jelenleg mint tudományos segédmunkatárs dolgozik a Víz tudományi Karon. Kutatási tevékenysége mellett részt vesz az oktatásban is, szakterülete elsősorban az

ivóvízszerzés, víztisztítás és a meteorológia. Oktatási tevékenysége kiterjed az idegen nyelvű képzésre is.

Nyelvismeret:

Angol nyelvből felsőfokú (C1) komplex, olasz nyelvből alapfokú (B1) komplex nyelvvizsgálóval rendelkezik.

Tudományos tevékenység:

A jelölt tanulmányai alatt sikerrel pályázott az Új Nemzeti Kiválósági Program 12 hónapos ösztöndíjára, amelynek keretén belül a bajai parti szűrésű vízbázis vizének eredetét és oxigénháztartását vizsgálta. Aktívan részt vesz a hazai tudományos életben, tagja a Magyar Hidrológiai Társaság Vízellátási Szakosztályának és a Magyar Meteorológiai Társaság Éghajlati Szakosztályának.

Budapest, 2023. február 16.


Goda Zoltán